

SOLO E AGRICULTURA NO SÉCULO XX PORTUGUÊS

Um problema ambiental, histórico e epistemológico

Miguel Costa do Carmo

Orientador: Doutor Tiago Morais Delgado Domingos

Coorientadora: Doutora Maria Isabel Freire Ribeiro Ferreira

Professora Catedrática, Instituto Superior de Agronomia

Tese elaborada para obtenção do Grau de Doutor em
Engenharia Agronómica

2018

SOLO E AGRICULTURA NO SÉCULO XX PORTUGUÊS

Um problema ambiental, histórico e epistemológico

Miguel Costa do Carmo

Orientador: Doutor Tiago Morais Delgado Domingos

Coorientadora: Doutora Maria Isabel Freire Ribeiro Ferreira

Professora Catedrática, Instituto Superior de Agronomia

JÚRI:

Presidente: Doutor **Carlos Manuel Antunes Lopes**, Professor Associado com Agregação, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.

Vogais:

Doutor **Fernando Silva de Oliveira Baptista**, Professor Catedrático aposentado, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa;

Doutor **Mário José Gouveia Pinto Rodrigues Carvalho**, Professor Catedrático, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora;

Doutor **João Filipe Coutinho Mendes**, Professor Catedrático, Escola de Ciências da Vida e do Ambiente, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro;

Doutor **Tiago Morais Delgado Domingos**, Professor Associado, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa;

Doutor **Carlos Francisco Gonçalves Aguiar**, Professor Coordenador, Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança.

Trabalho apoiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia no âmbito de uma Bolsa de Doutoramento (SFRH/BD/90106/2012).

Tese elaborada para obtenção do Grau de Doutor em
Engenharia Agronómica

2018

RESUMO

SOLO E AGRICULTURA NO SÉCULO XX PORTUGUÊS

Um problema ambiental, histórico e epistemológico

O presente trabalho discute a relação entre solo e agricultura através de três arcos cronológicos sucessivos entre o último quartel do século XIX e o início do século XXI. No primeiro, reconstrói-se a história dos sistemas de cultivo em Portugal entre 1873 e 1960 na perspetiva da evolução da fertilidade do solo e das condições da sua reprodução e, no âmbito mais geral, do cruzamento disciplinar entre ciências do solo e história. No segundo, apresenta-se o balanço de macronutrientes (azoto, fósforo e potássio) no solo agrícola continental entre 1951 e 1956 e descobre-se a década de 1950 como momento chave na transição dos sistemas de fertilização orgânica para os fertilizantes de síntese química. No terceiro, discute-se a transformação agrícola, produtiva e territorial da segunda metade do século XX a partir do contraste entre a produção e a produtividade nacional de 1957 e de 2009, no quadro de uma interrogação sobre o espectro de possibilidades agrícolas, ecológicas e políticas do território português.

PALAVRAS-CHAVE: Fertilidade do solo, Ciclos de nutrientes, Erosão do solo, Fronteira agrícola, Ciências agrárias, História do solo, Produção agrícola.

ABSTRACT

SOIL AND AGRICULTURE IN 20TH CENTURY PORTUGAL

An environmental, historical and epistemological problem

The present thesis discusses the relationship between soil and agriculture through three successive chronological arcs from the last quarter of the 19th century to the beginning of the 21st century. In the first one, the history of cultivation systems in Portugal between 1873 and 1960 is reconstructed in the perspective of the evolution of soil fertility and the conditions of its reproduction, and in the more general context of crossing borders from soil science to history. In the second, the balance of macronutrients (nitrogen, phosphorus and potassium) in the continental agricultural soil between 1951 and 1956 was presented and the 1950s were found as the key moment in the transition from organic fertilization systems to chemical fertilizers. In the third, the agricultural, productive and territorial transformation of the second half of the twentieth century is discussed based on the contrast between the national agricultural production and productivity of 1957 and 2009, as part of an inquiry into the spectrum of agricultural, ecological and political possibilities of the Portuguese territory.

KEYWORDS: Soil fertility, Nutrient cycles, Soil erosion, Agricultural frontier, Agronomy, Soil history, Agricultural production.

.

SOLO E AGRICULTURA NO SÉCULO XX PORTUGUÊS

Um problema ambiental, histórico e epistemológico

INTRODUÇÃO	8
Ciências do ambiente e história	8
Agricultura e degradação dos solos nos anos 1950	13
História dos sistemas de cultivo ou história do solo?	16
Dissociação territorial e produtiva	21
Estrutura e desenvolvimento da dissertação	26
 PARTE I	
Agricultural expansion, soil degradation, and fertilization in Portugal, 1873-1960: soil history or agricultural history?	
<i>Por Miguel Carmo e Tiago Domingos</i>	29
A. Soil and agriculture: an environmental, historical and epistemological problem	31
B. Agricultural soil degradation, 1930-1960	33
C. Agricultural expansion and soil erosion	35
D. The fallow impasse in the transformation of the cultivation system	38
E. The different rhythms of chemical fertilization: phosphorus and nitrogen	42
F. The defeat of organic technology	45
G. The evolution of wheat yields, late nineteenth century-1960	49
H. Conclusions	50
References	52
 PARTE II	
The N-P-K soil nutrient balance of Portuguese cropland in the 1950s: The transition from organic to chemical fertilization	
<i>Por Miguel Carmo, Roberto García-Ruiz, Maria Isabel Ferreira e Tiago Domingos (2017)</i>	57
Introduction	58
Materials and methods	59
Results and discussion	65
Conclusions	73
Acknowledgements	75
References	75
 PARTE III	
A natureza enquanto política. Pensar a agricultura e a natureza na transformação rural do século XX português	
<i>Por Miguel Carmo e Catarina Rodrigues (2016)</i>	82
“Portugal não é um país pobre” nem rico	83
A produção agroalimentar de um país imaginário	85
O modelo químico-mecânico	86
Uma agricultura que ganha e perde território	88
Para uma história agrícola da fertilidade do solo	90
O meio natural como campo de possibilidades políticas	94
Apêndice e tabelas	99
Referências bibliográficas	103
 CONCLUSÕES	107
 AGRADECIMENTOS	113

Todos os anos – comentou Joad – todos os anos, desde que me lembro, havia promessas de uma boa colheita que nunca vinha. O avô diz que foi boa nas primeiras cinco lavras, enquanto havia mato nas terras.

John Steinbeck (As Vinhas da Ira, 1939)

O bom caminho consiste em enfeixar os factos, segundo as suas aparentes afinidades: assim se irão dispondo para a explicação. (...) De resto, vendo bem, não se trata de causas determinantes, mas de relações.

Orlando Ribeiro (Complexidade da Vida Rural, 1941)

INTRODUÇÃO

Ciências do ambiente e história

No plano inicial de pesquisa estava previsto o desenvolvimento de metodologias de avaliação de sustentabilidade em sistemas agrícolas, em particular em regiões áridas limitadas duplamente pela escassez de água e de nutrientes no solo. Era um plano que apontava para o futuro, numa perspetiva de planeamento de base agronómica e ambiental. Todavia, a partir de leituras e discussões iniciais, surgiu a necessidade de analisar os sistemas agrícolas numa perspetiva tanto histórica como ambiental. A procura de soluções técnicas para problemas atuais foi substituída pela procura de explicações históricas para esses mesmos problemas, convictos de que a compreensão histórica da agricultura portuguesa num quadro ambiental permitiria apetrechar o presente de perspetivas técnicas, sociais, ambientais mas também políticas, de outro modo ausentes. Agrónomos que começaram a fazer “agronomia histórica”, historiadores económicos e sociais que passaram a incluir dimensões edafoclimáticas, cientistas do ambiente que alargaram a análise de sistemas à sua evolução longa, foram essas as leituras.

David Niemeijer, numa discussão sobre a agricultura africana e os paradigmas de desenvolvimento, atento às conexões com a fertilidade do solo, propõe a substituição das metodologias sincrónicas predominantes, focadas na avaliação de sustentabilidade a partir da evolução de variáveis (ecológicas ou económicas) em curtos períodos de tempo, por abordagens diacrónicas apoiadas na compreensão firme do passado. Quando se observa o presente, ainda que de forma comparativa, perdemos os movimentos longos dos sistemas agrícolas, bem como toda a dinâmica de transformação social. Niemeijer sugere assim a dilatação dos períodos de estudo e um exercício histórico híbrido com recurso a ferramentas e fontes habitualmente dispersas por áreas disciplinares: documentação, estatística, história oral, fotografia aérea e variáveis de estado para a fertilidade do solo. Faz ainda uma revisão crítica da história agrícola africana mostrando o equívoco de considerar a agricultura “tradicional” como estática e em equilíbrio perene com o ambiente, isto é, enquanto sociedade rural fundamentalmente sem história até ao início do colonialismo¹. Esta proposição é-nos útil para questionar a transformação dos sistemas agrícolas portugueses do final de oitocentos em diante, por vezes identificada com a ideia de “modernização”.

Algumas destas propostas são seguidas por Petra Tschakert numa pesquisa sobre sequestro de carbono no solo numa região agrícola do Senegal (Old Peanut Basin), que

¹ Niemeijer, David, *The dynamics of African agricultural history: is it time for a new development paradigm?*, Development and Change 27, 1996, p. 87-110. “Our current perception of African agriculture remains indirectly founded on the accounts of the often racist and euro-centric early explorers and colonial administrators. Neither the explorers nor the administrators - who often doubled as geographers and ethnographers respectively - were objective observers. (...) With some notable exceptions, these authors wrote in terms of the religious economic and political doctrines of the day,’ often assigning to Africans the level of animals, or of children in need of the strict guidance, moral education and economic development that the colonial system offered.” (*Ibid.*, p. 87-88).

designa como história ambiental multiescalar. Esta autora identifica duas trajetórias muito distintas de transformação agrícola, extensificação *versus* intensificação, em dois territórios geográfica e ecologicamente vizinhos, que mostram contudo desempenhos semelhantes na recuperação da matéria orgânica no solo. A pesquisa traça a evolução dos agroecossistemas locais recorrendo a entrevistas a agricultores, etnografias existentes, alterações na vegetação obtidas por imagem de satélite e ainda medições de matéria orgânica no solo. A dinâmica de restituição da fertilidade só pôde ser entendida e diferenciada a partir dos contextos social, agrícola e biofísico².

Para além da abertura metodológica e da insistência historiográfica, estes autores estão também a sublinhar o carácter heterogéneo, inovador e contingente dos sistemas agrícolas, tantas vezes incompreendidos pelo observador científico ou colonial. São, é certo, dois estudos africanos, mas a distância ao nosso trabalho é menor do que aparenta. A agronomia portuguesa, que constituiu o nosso arquivo documental, é também uma agronomia colonial, cujas formas de pensar o território, as práticas agrícolas e a população rural permutam entre a metrópole e as colónias africanas³. Para dar um exemplo, José Almeida Alves, que se apresenta como “agrónomo que não é agricultor”, considera, num texto a que recorreremos frequentemente, que o “nosso agricultor em geral” é igual ao norte-africano: ignora a importância, consumo e durabilidade dos recursos dos quais depende. Noutros momentos, esta atitude de Alves para com a agricultura do sul português está patente em expressões como “agricultura parasitária”, “primitiva”, e práticas “retrógradas”⁴.

Numa outra direção surgem historiadores que se tornam historiadores ambientais por integração de dimensões territoriais, biofísicas, agrícolas, enquanto “ampliação da análise histórica” de feição, até então, predominantemente social, económica e cultural. A história ambiental “leva adiante o movimento, observado desde o final do século XIX, no sentido de expandir as temáticas e dimensões da historiografia para além da história dos Estados e dos grandes personagens. (...) Não se trata, portanto, de reduzir a análise histórica ao biofísico, como se esse aspeto fosse capaz de explicar todos os outros, mas de incorporá-lo de maneira forte”⁵. Esta necessidade não passou despercebida à história económica portuguesa, especialmente em Jaime Reis que sugere no início dos anos 1980, no contexto da agricultura alentejana oitocentista, a exploração de “temas a que os historiadores portugueses se têm afeiçoado menos, como por exemplo, a ecologia e a dotação dos recursos naturais”. Dois anos depois, em 1984, publica o conhecido artigo *O atraso económico português em perspectiva*

² Tschakert, P. e Tappan, G., *The social context of carbon sequestration: considerations from a multi-scale environmental history of the Old Peanut Basin of Senegal*. Journal of Arid Environments 59(3), 2004, p. 535-564.

³ Vários agrónomos formados no Instituto Superior de Agronomia durante a primeira metade do século XX têm uma carreira que se divide entre os territórios de Portugal continental e das colónias africanas, como Joaquim Botelho da Costa, João de Carvalho e Vasconcelos e Amílcar Lopes Cabral. Mais especificamente, Tiago Saraiva estabelece um paralelo ideológico entre os projetos de colonização interna e ultramarina (Saraiva, Tiago, *Paisagens Tecnológicas. O domínio das Águas e a colonização de Portugal e do Ultramar*, 5º Congresso Ibérico da Água, Universidade do Algarve, 2006).

⁴ Alves, José Almeida, *O problema da manutenção da fertilidade na agricultura do sul. Notas para o seu estudo*, Melhoramento, 14, 1961, p. 11, 21, 24-25, 412.

⁵ Pádua, José Augusto, *As bases teóricas da história ambiental*, Estudos avançados 24(68), 2010, p. 94.

histórica (1860-1913), onde conclui que “nem a grande escala das explorações, nem a deficiência empresarial foram causas importantes da lentidão da evolução técnica do latifúndio. (...) Em Portugal, a falta de progresso agrícola durante este período pode ter tido mais a ver com as condições de solo e de clima que impediram os agricultores portugueses de participar na «revolução do nitrogénio»”⁶. Trata-se de uma referência, sem outros desenvolvimentos, à ausência da substituição dos pousios nas rotações de cereais por cultivos de leguminosas para forragem e alimentação humana. Esta modificação fora estabelecida no século XVI na Europa do norte e generalizada a partir do século XVIII, embora quase sem desenvolvimento nos países do sul, onde, mesmo em França, o pousio persiste nas regiões meridionais até bem dentro do século XIX⁷. A introdução em Portugal entre o século XIX e XX, muito diferenciada entre regiões mas em todo o lado diminuta, com excepção do Minho, é discutida nesta dissertação.

Se recuarmos à geografia e ciências agrárias portuguesas de meio do século passado encontramos igualmente outros gestos socializantes do biofísico em contexto agrícola. Orlando Ribeiro forneceu não só um importante arquivo do mundo agrícola em transformação, como discutiu explicitamente, num texto de 1941 sobre a “complexidade da vida rural”, o papel do solo e clima na interpretação dos tipos de povoamento, concluindo que aqueles “factores” não constituem “causas determinantes”, mas antes “relações” que deverão ser articuladas, junto de outras, económicas, sociais, etc., na construção de uma “explicação”⁸. Amílcar Cabral trabalhou em pedologia no âmbito dos estudos da erosão e da “conservação” do solo enquanto recurso agrícola, concebendo o solo como produto de uma génese própria regida por “leis naturais” específicas em relação com a estrutura socioeconómica e as práticas de cultivo: “um solo é «algo que se move», isto é, se transforma constantemente”⁹.

O trabalho do historiador William Beinart parece-nos um bom exemplo dos sucessos potenciais de uma história ambiental englobante e crítica. Percorrendo a sua bibliografia

⁶ Reis, Jaime, *Prefácio* em Matos, Ana C. de, Martins, Maria Conceição A. e Bettencourt, Maria L., *Senhores da terra: diário de um agricultor alentejano (1832-1889)*, INCM, 1982, p. 17-18; *Idem*, *O atraso económico português em perspectiva histórica (1860-1913)*, *Análise Social*, XX(80), 1984, p. 11-12.

⁷ Mazoyer, Marcel e Roudart, Laurence, *A history of world agriculture: from the neolithic age to the current crisis*. NYU Press, 2006, p. 315, 330, 337; Schandl, H. e Krausmann, F., *The great transformation: a socio-metabolic reading of the industrialization of the United Kingdom* em Fischer-Kowalski, M. et al. (eds.), *Socioecological Transitions and Global Change*, 2007, p. 83-115.

⁸ Ribeiro, Orlando, *Complexidade da Vida Rural* [1941], em *Opúsculos Geográficos*, Tomo II, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2014. “Sem negar que as formas do povoamento possam ser diferentes na planície ou na montanha, em regiões áridas ou húmidas, estudos modernos mostraram relações muito íntimas entre a maneira como as casas se distribuem pelo campo e a economia agrária ou os factos da população. (...) A aglomeração do povoamento, a aldeia com o forno, o lagar, a eira comum, aparece tão intimamente ligada a este tipo de economia agro-pastoril que é impossível dizer se determinou o modo de exploração da terra ou se resulta dela. Problema aliás de pouca importância. Nestas formas de civilização rural (...) seria vão empenho pretender isolar o «facto primordial», a causa determinante. O bom caminho consiste em enfiar os factos, segundo as suas aparentes afinidades: assim se irão dispondo para a explicação. A importância concedida aos factores solo e clima na interpretação dos nossos tipos de povoamento pode parecer um retorno ao determinismo geográfico. Convencido da inutilidade das discussões teóricas neste campo, tenho empreendido todos os meus estudos de Geografia humana sem me guiar por preconceitos de escola. A humildade perante os factos - nunca é de mais repeti-lo - é a atitude que melhor convém ao investigador. Negar as influências naturais nas formas de actividade dos homens é negar o próprio fundamento da Geografia humana; procurar explicar tudo por imposições da Natureza é desconhecer os largos recursos que as civilizações - até as mais rudimentares - proporcionaram ao homem na luta contra o ambiente.” (*Ibid.*, p. 426-427).

⁹ Cabral, Amílcar Lopes, *O problema da erosão do solo. Contribuição para o seu estudo na região de Cuba (Alentejo)* [1951] em AAVV, *Estudos agrários de Amílcar Cabral*, Lisboa: IICT, Bissau: INEP, 1988, p. 88, 125.

observamos uma história política e racial da África do Sul que é gradualmente transladada para o estudo dos sistemas de cultivo e da política agrária enquanto materiais preponderantes. Este percurso atravessa várias décadas, emergindo da documentação do Estado, da literatura científica sul-africana e de arquivos de explorações agrícolas, levando o autor a esclarecer conexões da história sul-africana dos séculos XIX e XX, nem sempre óbvias, entre a importante economia oitocentista de pastoreio de ovinos para produção de lã, a degradação de pastagens e do solo em uso extensivo, e a formação da “conservação” no quadro do desenvolvimento do Estado e da agricultura (tanto colonial como indígena). Como exemplo, o extermínio dos chacais durante o século XIX foi concebido como forma de libertar a pecuária dos cercados noturnos dos rebanhos, responsáveis pela degradação intensa do solo devido à concentração dos animais.

Embora seja em grande medida uma história da ideia de conservação e da sua institucionalização, Beinart procurou analisar também a transformação biofísica “através do olhar e entendimento de atores históricos particulares”, e escrever assim uma história na qual “as forças naturais são mais do que um mero contexto da história humana”. As restrições ambientais impostas pelo Karoo, uma região semi-desértica, “o seu clima, vegetação e fauna nativa eram bastante reais para aqueles que ali viviam e cultivavam. Animais como os chacais e plantas como a figueira-da-índia tornaram-se, num certo sentido, atores históricos”¹⁰. Por fim, a reapreciação da história agrícola e rural aparece em Beinart como campo de pesquisa oportuno para a identificação de ligações sionaturais concretas e em geral negligenciadas.

Dois agrónomos portugueses contemporâneos estudaram a evolução dos sistemas de cultivo na região transmontana, dando particular atenção à transformação na gestão da fertilidade do solo ao longo do século XX. Em traços largos, a manutenção da fertilidade nos “sistemas tradicionais” ou “agro-pastoris” largamente assente na transferência sistémica de nutrientes das superfícies pastoris para as agrícolas foi substituída pela aplicação de adubos minerais com origem exterior aos sistemas. Os dois autores diferem na importância conferida ao metabolismo territorial de nutrientes no processo social, mas ambos asseveram uma restrição ecológica, material e histórica, no limiar da entrada em cena dos fertilizantes químicos, como “fator limitante do nível de intensidade do sistema de culturas”, no caso de José Lima Santos¹¹ ou como determinante essencial “do funcionamento dos sistemas de agricultura orgânica”, no caso de Carlos Aguiar¹². Enquanto para este autor é no âmbito da tensão entre o crescimento da população e o limitado “leque de soluções técnicas possíveis para melhorar a restituição da fertilidade da terra” que se pode entender a transformação rural anterior à disseminação dos fertilizantes químicos e ao desenvolvimento significativo das relações de mercado, para Santos, pelo contrário, é através do desenvolvimento destas

¹⁰ Beinart, William, *The Rise of Conservation in South Africa: settlers, livestock, and the environment 1770-1950*, Oxford University Press, 2003, e “Selected Articles” em: www.africanstudies.ox.ac.uk/william-beinart.

¹¹ Santos, José Lima, *Mercado, Economia e Ecossistemas no Alto Barroso: um estudo de sistemas de aproveitamento de recursos naturais*, Câmara Municipal de Montalegre, 1992.

¹² Aguiar, Carlos e Azevedo, João, *A floresta e a restituição da fertilidade do solo nos sistemas de agricultura orgânicos tradicionais do NE de Portugal no início do séc. XX* em Tereso, J. P. (ed.), *Florestas do Norte de Portugal: História, Ecologia e Desafios de Gestão*, Porto: InBio, 2011.

relações, ainda que incipiente, condicionadas ecologicamente, que se pode apreender os principais movimentos de transformação. No primeiro caso são sublinhados os “limites” naturais que configuram o sistema de cultivo e, por esta via, agenciamentos históricos não-humanos. No segundo, é defendido um quadro interpretativo substancialmente económico, testado numa pequena região com elevadas restrições naturais aos cultivos, que sublinha o leque de “possibilidades” e o primado das relações sociais humanas no desenvolvimento histórico. Ambos, de todo modo, reconhecendo uma materialidade histórica no metabolismo de nutrientes, bem como a agricultura como campo de ação socionatural.

Carlos Aguiar mostrou num estudo de caso na década de 1920, no termo de Zedes, aldeia no sul de Trás-os-Montes, que a área de pastagem (“monte”) não era suficiente para produzir os estrumes necessários à cultura do centeio, pressionada pelo aumento da população e necessidade crescente de alimentos, num quadro de uso residual de fertilizantes químicos. A floresta estaria já quase totalmente convertida em pastagens para gado miúdo e sempre que a reposição da fertilidade do solo cultivado entrasse em declínio — por falta de estrumes, isto é, de pastos — o cereal era estendido às terras de monte, aprofundando a ruptura no circuito de transferência de nutrientes e na provisão de lenhas. Considera-se assim que a agricultura foi o principal motor da desarborização das montanhas transmontanas, pois a floresta “ocultava no lenho ou no solo algo que a agricultura sempre necessitou: nutrientes”, e que este modelo se pode generalizar ao mediterrâneo de montanha. Lima Santos mostrou na região do Alto Barroso, canto noroeste de Trás-os-Montes, que no final do “período agro-pastoril”, anos 1930, o nível de utilização das pastagens (em regime de baldio, que ocupava mais de metade da região) conjugado com a sua conversão gradual em área agrícola teria atingido o limite, ou mesmo ultrapassado, de funcionamento sustentado do sistema em termos da reposição de azoto e matéria orgânica. O motor deste processo teria sido o crescimento demográfico dos anos 1920 e 1930 e a especialização agrícola com o desenvolvimento da produção de vitelos e de batata para semente. O desequilíbrio foi por fim solucionado com o recurso crescente aos adubos químicos, sobretudo azotados.

A esta luz, ambos os processos descritos não são no essencial dissonantes. Há uma experiência ambiental histórica no interior dos sistemas agrícolas que necessita de ser destapada e investigada, em que a evolução da fertilidade e a dinâmica de restituição de nutrientes ao solo oferecem vetores de análise particulares. É este o enquadramento geral que conduziu a nossa pesquisa. Procurámos recusar quer a ausência de *história* nas sociedades agrícolas anteriores à modernização técnica e científica, concebidas em equilíbrio “secularmente metaestável” com os ecossistemas¹³, quer a ausência de *natureza* nos campos modernizados, idealizados como progressivamente alheios à sua base biofísica.¹⁴ Em suma, o

¹³ Aguiar, C., Rodrigues O., Azevedo J. e Domingos T., *Montanha em* Pereira, H. M. (ed.), *Ecossistemas e bem-estar humano: avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*, Escolar Editora, 2009, p. 295.

¹⁴ Vd Santos, José Lima, op. cit., 1992, p. 1-5. Discute-se na introdução a “ocultação” das relações entre sociedade e meio biofísico operada nos quadros institucionais modernos de desenvolvimento autónomo de novas disciplinas científicas, como no caso da sociologia, e, mais amplamente, pelo relevo dado à diferenciação da humanidade e restantes seres vivos que caracteriza culturalmente a “mundividência ocidental dominante”.

mundo natural enquanto problema histórico e a história humana enquanto problema biofísico — “natureza e humanidade como movimento e transformação”¹⁵.

Agricultura e degradação dos solos nos anos 1950

“Tem sido opinião corrente desde longa data, que a fertilidade do solo português tem baixado”¹⁶. Trata-se de uma passagem de 1961 do agrónomo Almeida Alves, incluída num estudo sobre a manutenção da fertilidade do solo agrícola no sul de Portugal. É aí apresentada uma longa discussão sobre os sistemas de cultivo de cereais, baseada em ensaios de campo desenvolvidos durante a década de 1950 e enquadrada por um ponto de vista histórico sobre a relação entre a agricultura e a fertilidade do solo. Como diz o autor de início, “para melhor compreender a agricultura de hoje tornou-se indispensável estudar a evolução através dos tempos”¹⁷. Para Alves é necessário perguntar se o solo do sul terá sido sempre pobre ou se não terá perdido fertilidade por ação gradual da “monocultura imponderada de cereais praganosos em rotações esgotantes”¹⁸. A pergunta contém já, como se vê, a resposta que ele pretende ver demonstrada nos ensaios e que constitui uma forte convicção que percorre todo o texto e se pode resumir assim: a) o sistema tradicional de sequeiro no sul, baseado nos afolhamentos com alqueive e pousio, é responsável por um declínio gradual da fertilidade do solo no longo prazo; b) este declínio foi intensificado durante a primeira metade do século XX pelo alargamento da área de cultura obtida quer pela redução do período de pousio, quer pela ocupação de novas terras de baixa fertilidade natural.

Não obstante ter feito a pergunta e conjecturado algumas respostas – “as baixas produtividades são sem dúvida resultantes da baixa fertilidade potencial dos nossos solos, do clima incerto, mas fundamentalmente são a consequência da exploração degradante que o nosso agricultor vem fazendo desde sempre e cada vez mas acentuadamente”¹⁹ –, Alves não analisa o sistema de cultivo retrospectivamente de modo a discutir a evolução da fertilidade do solo. Não dispõe de ensaios longos (como os de Rothamsted no Reino Unido, iniciados a meio do século XIX, e que ele visitou no início da década de 1950) o que o faz declinar “fundamentar uma opinião sobre a base da cultura descontínua que se pratica nos solos mais pobres”. Em alternativa, ensaia na Estação de Melhoramento de Plantas de Elvas um leque de alterações nas rotações “esgotantes”, partindo do pressuposto que o alqueive e o pousio são prejudiciais ou, pelo menos, sem benefícios para a manutenção da fertilidade do solo: “já não é hoje viável cultivar de certa maneira «porque sempre assim se fez»”²⁰. São aí testadas as seguintes modificações: substituição do alqueive 1) por cultivos para estrumação verde: grão-de-bico,

¹⁵ Pádua, J. Augusto, *op. cit.*, 2010, p. 86.

¹⁶ Alves, José Almeida, *O problema da manutenção da fertilidade na agricultura do sul*, *op. cit.*, 1961: 21.

¹⁷ Alves, J. Almeida, *op. cit.*, 1961, p. 13.

¹⁸ *Ibid.*, p. 24.

¹⁹ *Ibid.*, p. 415.

²⁰ *Ibid.*, p. 28.

grão da Gramicha, fava, ervilhaca, centeio, ou mostarda, 2) por cultura de grão-de-bico, 3) por cultivos de leguminosas para forragem: ervilhaca, grão-de-bico, grão da Gramicha ou fava, e 4) substituição da queima de palhas e restolhos pela incorporação no solo por enterramento.

Linhas gerais, as modificações reverteram a favor de melhorias na fertilidade do solo (teor de matéria orgânica e de macronutrientes) e na produtividade, por comparação com a rotação alqueive-trigo, embora quase sempre produzindo rentabilidades menores, pois a margem obtida no aumento produtivo não parece compensar os maiores custos em trabalho e operações culturais. “Substituir o alqueive tradicional é todavia prática que o agricultor olha com ceticismo e só adota (...) quando os resultados económicos são patentes.” Note-se que apesar de estabelecer uma hipótese histórica que presume uma análise diacrónica dos sistemas, o trabalho de Almeida Alves dedica-se quase totalmente, seguindo a tradição agronómica, ao estudo do sistema de cultivo sob hipóteses de melhoria técnica.

As preocupações deste agrónomo não estão sozinhas a meio do século XX. A agronomia da primeira metade de novecentos, sobretudo depois de 1930, começou a escrever sobre degradação de solos a partir de perspetivas tanto geomorfológicas, dedicadas ao estudo do arrastamento de solo por transporte hídrico ou eólico (*o problema da erosão*), como “agrológicas”²¹, que no dealbar da pedologia portuguesa se dedicam ao estudo da relação entre solo, nutrientes e aproveitamento agrícola (*o problema do esgotamento dos solos*). A década de 1950 parecia representar, acompanhando a documentação agronómica, um período de acumulação de fenómenos de degradação do solo, disseminados por várias regiões do país e manifestando dimensões calamitosas nos concelhos meridionais do Alentejo. Não se trata de uma agronomia marginal, precocemente ecologista ou ligada à oposição política ao Estado Novo. É das próprias instituições agrícolas, dos agrónomos que organizaram a Campanha do Trigo e dos relatórios e inquéritos oficiais que aparecem, em grande medida, os relatos, a discussão científica e as propostas de intervenção. Em 1943, José Mira Galvão, agrónomo prolífico e chefe de brigada em Beja da Campanha do Trigo, escrevia: “pelos conhecimentos que temos dos terrenos e clima da região cáldido-árida do Baixo Alentejo, pelas observações feitas durante cerca de trinta anos nas lavouras alentejanas como agrónomo e lavrador, cheguei à convicção de que a causa principal da improdutividade que de há anos para cá se vem acentuando, cada vez mais, nos terrenos desta região, tem que se atribuir, não só à má distribuição das chuvas, que é sempre determinante dos bons ou maus anos, mas fundamentalmente ao desgaste abusivo que se tem feito da matéria orgânica.”²²

Os exemplos são muitos. Em 1952, Adolfo Coelho, responsável principal pelo cinema agrícola de propaganda durante o Estado Novo assinava a média-metragem documental *E tudo a água levou: A erosão, problema nacional*, que termina com um mapa de Portugal, muito preenchido, com as “principais zonas do país degradadas pela erosão”²³. O estudante do

²¹ Costa, Joaquim Botelho da, *Apontamentos de agrologia*, Lisboa: Instituto Superior de Agronomia, 1944.

²² Galvão, José Mira, *A Matéria orgânica nas regiões cáldido-áridas e defesa da fertilidade da terra*, Lisboa, 1943, p. 13.

²³ Coelho, Adolfo, *E tudo a água levou – A erosão, problema nacional*, 1952, 28'. O filme foi produzido no quadro do “cinema português agrícola” do Estado Novo pela Direção Geral dos Serviços Agrícola e Serviço de Solos da Estação

Instituto Superior de Agronomia Amílcar Cabral, mais tarde principal líder na luta de libertação da Guiné-Bissau e Cabo-Verde, termina em 1951 o curso de engenheiro agrónomo com uma dissertação sobre o problema da erosão no concelho de Cuba, que dedica aos jornalistas do Alentejo, “homens de vida incerta que a erosão ameaça”²⁴. Lúcio Mercês de Melo advoga em 1960 como primeiro “imperativo” agrícola, no âmbito do desenho do II Plano de Fomento (1959-1964), a “defesa do solo que é património da Nação contra os seus inimigos: a erosão e a evolução da fertilidade no sentido decrescente, de modo a pelo menos manter, quando não se possa elevar, a produtividade da nossa terra”²⁵. Ou ainda, para lá das ciências agronómicas, Miguel Torga publica em 1950: “o Alentejo é na verdade o máximo e o mínimo a que podemos aspirar: o descampado dum sonho infinito, e a realidade de um solo exausto.”²⁶

Qual a magnitude e extensão da degradação dos solos a meio do século XX e como se desenvolveu o fenómeno, ou soma de fenómenos, do ponto de vista da dinâmica do solo? De que forma a evolução da fertilidade do solo e a transformação dos sistemas de cultivo se relacionam nas décadas precedentes?

Estas questões, nascidas dos anos 1950, constituíram o núcleo da nossa pesquisa, que procurou objetificar e tornar compreensível uma realidade passada de acesso difícil. O solo não fala sobre o seu passado, não deixou registos por mão própria e não dispomos sequer de séries históricas que tenham registado algum tipo de variável biofísica no solo ao longo do período em causa. Foi portanto necessário recorrer a estratégias e artifícios que permitissem reconstruir uma história do solo.

Por outro lado, e de forma algo involuntária, a pesquisa no arquivo agronómico foi mostrando que categorias e conceitos centrais para a análise, como a “charneca” ou o próprio “solo”, contêm também uma história, associada à evolução dos quadros cognitivos e ideológicos da agronomia portuguesa, que interfere diretamente sobre a análise da fertilidade do solo e da paisagem agrícola. A “charneca”, enquanto categoria estatística referente às terras de mato e sem cultivos, evoluiu de uma definição abrangente e abusiva no último quartel do século XIX, que determinava como “incultas” importantes áreas de pastagem e de cultivos temporários integrados em rotações com longos pousios, para definições, já no século XX, que procuraram destrinçar a “charneca produtiva” da “charneca desaproveitada”²⁷. Mas o “solo” é

Agrária Nacional, com assistência técnica de António Félix da Cruz que participa, desde o início da década, em várias equipas do Inquérito Agrícola e Florestal, nomeadamente a do concelho de Cuba (Vd. Gamito, Alice de Noronha, Cruz, António Félix da, Duarte, Fernando, *Adolfo Coelho e o cinema português agrícola e de ambiente rural*, Santarém: II Festival Internacional de Cinema, 1972).

²⁴ Cabral, Amílcar L., *O problema da erosão do solo. Contribuição para o seu estudo na região de Cuba (Alentejo)* [1951], op. cit., 1988.

²⁵ Melo, Lúcio Mercês de, *Defesa e correção do solo no Plano de Fomento*, Lisboa: Secretaria de Estado da Agricultura, 1960.

²⁶ Torga, Miguel, *O Alentejo*, em *Portugal*, Coimbra: edição do autor, 1950.

²⁷ Pereira, Sertório do Monte, 1908, citado por Radich, M. Carlos, *A floresta no Portugal oitocentista* em Radich, M. C., Alves, A. Monteiro, *Dois séculos da floresta em Portugal*, Lisboa: CELPA, 2000, p. 67. “«Quando se diz que metade do Alentejo está inculto», escrevia um agrónomo em 1890, «(...) e se toma a palavra inculto no sentido improdutivo comete-se um erro. A verdade é que da parte inculta tira o lavrador mais lucro do que da parte cultivada. É nela que se cria e alimenta, melhor ou pior, o gado lanar, bovino e caprino e, na maior parte do ano o gado suíno»” (Pereira, José Campos, 1915, citado por Radich, M. Carlos, *Ibid.*, 2000, p. 66).

todavia mais problemático: o que vemos acontecer nos anos 1950 pode corresponder não apenas, ou não tanto, à transformação biofísica do solo, mas à transformação na forma como o solo passou a ser pensado pela agronomia, que inaugura os estudos pedológicos na década de 1930, e pelo Estado, que a partir de 1938 suporta a política de florestações coercivas nos baldios alegando, entre outras razões, a necessidade de “conservação do solo” e de “fixação de terras (...) e correcção torrencial”²⁸.

Sem este último nível de análise não poderemos aprofundar e testar os dois níveis enunciados atrás, a saber: a evolução biofísica da fertilidade do solo, visto como “corpo natural, independente e histórico”²⁹, e a transformação dos sistemas de cultivo do ponto de vista da fertilidade do solo. A história conjunta do solo e da agricultura terá de compreender uma história dos quadros cognitivos e ideológicos da agronomia.

Não será coincidência que esta estrutura tripartida corresponde às três dimensões de análise estabelecidas pela primeira história ambiental e que têm sido continuamente reafirmadas e teorizadas³⁰. De forma sucinta, corresponde ao estudo da “natureza propriamente dita”, enquanto dimensão biofísica do mundo que varia no espaço e no tempo e é, portanto, objeto de história; dos “modos de produção”³¹, como sistemas sociais inteiros que se desenvolvem e materializam de forma inseparável da dimensão biofísica; e das estruturas cognitivas, ideológicas e culturais da existência humana em relação ao mundo natural: “as pessoas estão permanentemente a construir mapas cognitivos do mundo em seu redor (...), e geralmente determinando os fins destinados à natureza.”³²

História dos sistemas de cultivo ou história do solo?

A opinião dos agrónomos que escreveram durante os anos 1940 e 1950, junto de algumas grandezas fornecidas pela estatística agrícola, que indicam, por exemplo, uma rápida disseminação dos fertilizantes químicos na década de 1950 quando a superfície agrícola atinge uma área recorde, permitem uma primeira aproximação à sobreexploração agrícola do solo a meio do século XX. De facto, a bibliografia das últimas décadas sobre as transformações na

²⁸ Vd. Baptista, Fernando Oliveira, *A política agrária do Estado Novo*, Edições Afrontamento, 1993, p. 281-290. Em relação aos conteúdos ideológicos inscritos no “solo” e na “terra”, note-se a forma como António Sousa da Câmara junta a degradação do solo à degradação da família na 2ª conferência da União Nacional: “A agricultura, não só em Portugal como em muitos outros países, sofre de duas graves enfermidades: uma é a terra que se está a arruinar de ano para ano, outra, a degradação da família que se acentua de forma cada vez mais assustadora.” (Câmara, António Sousa da, *O problema da defesa dos meios rurais. Tese apresentada à II Conferência da União Nacional*, Lisboa, 1949, p. 8)

²⁹ Cabral, Amílcar Lopes, *op. cit.*, 1988, p. 89.

³⁰ Cf. Worster, Donald, *Appendix: Doing Environmental history* em Worster, D. (ed.), *The Ends of the Earth: Perspectives on Modern Environmental History*, Cambridge University Press, 1988; Cronon, William, *Introduction: In search of nature* em Cronon, W. (ed.), *Uncommon ground: Rethinking the human place in nature*, WW Norton & Company, 1996, p. 23-56; Swyngedouw, Erik, *A cidade como um híbrido: natureza, sociedade e urbanização-cyborg* em Acsehrad, H. (ed.), *A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas*, Rio de Janeiro: DP&A, 2001, p. 83-104; Pádua, J. Augusto, *As bases teóricas da história ambiental*, *op. cit.*, 2010.

³¹ Pádua, J. A., *op. cit.*, 2010, p. 94-96.

³² Worster, D., *Transformations of the Earth: Toward an Agroecological Perspective in History*, *The Journal of American History* 76(4), 1990, p. 1091.

paisagem e na agricultura portuguesa do século XX assume o pressuposto de que a Campanha do Trigo (de 1929 até à década de 1960) provocou uma forte degradação dos solos na metade sul do país. Todavia, esta relação não foi até hoje questionada e colocada em exame, com excepção do estudo notável de Rui Santos e Maria José Roxo sobre uma pequena região no sul³³, o baldio de Mértola. Continuavam a faltar factos robustos para medir e entender o processo.

Decidimos assim construir um modelo de balanço aos nutrientes no solo agrícola continental para o período 1951-56, considerando os três principais para a nutrição das plantas: azoto (N), fósforo (P) e potássio (P). Este tipo de abordagem parte do pressuposto de que a quantificação completa das entradas e saídas anuais no solo de determinado elemento químico, não só aquelas controladas diretamente pelo agricultor, mas também as que resultam da dinâmica do solo com a atmosfera e com o subsolo, fornece uma indicação precisa sobre o carácter deficitário ou acumulativo das práticas agrícolas e fertilizantes associadas a determinada solo e cultura. Trata-se de uma ferramenta da agronomia que quando aplicada a um agroecossistema passado, desde que suficientemente caracterizado em termos climáticos, culturas agrícolas, produtividade em grão e palha, formas de cultivo e de fertilização, entre outras características, permite determinar a tendência global de evolução da fertilidade no sistema solo. Isto é, permite saber se os teores de N, P e K no solo estavam, anualmente, a diminuir ou aumentar.

O balanço ao N, P e K ocupou parte importante do período de pesquisa e acabou, felizmente, por revelar-se determinante para o estudo da agricultura portuguesa ao longo do século XX. Em primeiro lugar, permitiu fixar a situação de restituição de nutrientes ao solo na transição entre a fase de expansão da “fronteira” agrícola, entre o último quarto do século XIX e o final da década de 1950, e a fase seguinte de retracção da superfície cultivada, de abandono e êxodo agrícola e de dissociação progressiva entre a população e o território³⁴. Tendo como ponto de apoio os resultados do modelo de nutrientes na década de 1950 foi possível recuar a períodos anteriores e traçar retrospectivamente, a partir do arquivo e da estatística agrícola, a evolução conjunta da fertilidade do solo e dos sistemas de cultivo.

Em segundo lugar, a construção do modelo impôs o estudo aprofundado dos ciclos de azoto, fósforo e potássio no solo e uma primeira perscrutação da documentação agrícola em busca das quantificações necessárias à caracterização dos fluxos de nutrientes, duas tarefas que se mostraram posteriormente preciosas para o domínio do arquivo, assim como dos processos subjacentes ao solo, à fertilização, às práticas agrícolas, etc. Adiantemos um exemplo desta complementaridade entre o balanço de nutrientes e o arquivo. Os resultados do

³³ Santos, Rui e Roxo, Maria José. *A tale of two tragedies. The commons of Serra de Mértola in the Alentejo (southern Portugal) and their privatization, eighteenth to twentieth century* em Bavel, Bas van e Thoen, Erik (eds.), *Rural societies and environments at risk: Ecology, property rights and social organisation in fragile areas*, Brepols Publishers, 2013

³⁴ Vd. Baptista, F. Oliveira, *Declínio de um tempo longo em Agricultras e territórios*, Oeiras: Celta, 2001, p. 9-37; Idem, *Um rural sem território* em *O espaço rural: declínio da agricultura*, Lisboa: Celta, 2010, p. 161-174; Santos, Henrique Pereira dos, *Evolução da paisagem rural do continente português no século XX*, Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2015.

modelo mostraram que a agricultura entre 1951 e 1956 todos os anos retirou do solo mais azoto do que aquele que foi devolvido por via fertilizante ou atmosférica. Era portanto uma agricultura globalmente deficitária em azoto. Este desequilíbrio desenvolveu-se desde, pelo menos, a década de 1940 e é por fim retificado nos últimos anos de 1950 por ação do aumento significativo do consumo de fertilizantes azotados. Os resultados mostram também que tanto o fósforo como o potássio estão, naqueles anos, a acumular no solo por ação de fertilizações químicas generosas, no caso do primeiro, e do elevado auto-aprovisionamento por meteorização do solo, no caso do segundo. Com estes dados ganha outro sentido o que lemos de Mira Galvão na década de 1930: “Nas terras galegas, a adubação só fosfatada, radicada por uma prática de quase meio século, é ainda a mais seguida, e poucos lavradores estão convencidos da necessidade de empregar também algum azoto na sementeira, para se conseguir naquelas terras o máximo de produção, porque estando as terras agora mais esgotadas de matéria orgânica do que estavam há trinta ou quarenta anos, por terem sido reduzidos os anos de pousio, elas não possuem, nem têm tempo de ganhar da atmosfera, o azoto preciso a uma boa colheita de cereal.”³⁵ Os resultados do balanço ao N, P e K tornam mais plausível a descrição agronómica e esta, por sua vez, fornece um início de explicação para o cenário de 1950.

Esta verificação cruzada, a partir de fontes tão díspares, foi essencial para olhar criticamente para o que os agrónomos e a época estavam a dizer.

Por último, não menos importante, a construção do modelo implicou ainda o conhecimento detalhado da agricultura dos anos 1950, no que se refere às práticas agrícolas, sistemas de cultivo, produções e uso do solo. Este conhecimento permitiu constituir a década de 1950, não apenas como ponto de chegada de processos com início no final de oitocentos, mas também com ponto de partida para observar a transformação agrícola que se seguiu, de 1960 em diante. A década de 1950 como plataforma de observação do século e como zona de transições, como veremos.

A agronomia portuguesa procurou, dos anos 1930 em diante, entender e mensurar a evolução da fertilidade do solo, mas dispunha de quantificações limitadas. Almeida Alves mostrou que a rotação bienal alqueive-trigo, usada como testemunha nos ensaios, reduz o teor de matéria orgânica e de nutrientes no solo, mas esta rotação não tinha uso tão generalizado na agricultura portuguesa como afirma o autor³⁶. José Magalhães Ramalho fez um balanço de nutrientes ao solo arável do continente para o ano agrícola 1952/53, mas não incluiu inúmeros fluxos, como as plantas mondadas, a lixiviação por acção da chuvas ou a meteorização do

³⁵ Galvão, J. Mira, *Adubação racional das terras galegas e o azoto nítrico na sementeira*, Gazeta das Aldeias, n. 1813, 1934, p. 2. As terras galegas são terras de média e baixa produtividade, por oposição aos “barros”, e representam cerca de 2/3 dos solos no Alentejo.

³⁶ “Das modalidades experimentadas, a de alqueive-trigo foi, com duas exceções apenas, a que promoveu maior degradação do solo em azoto e em matéria orgânica. Assim, a rotação mais frequente no sequeiro tem contribuído para o depauperamento dos solos do Alentejo.” (Alves, J. Almeida, *O problema da manutenção da fertilidade*, op. cit., 1961, p. 424).

solo, pelo que os resultados não são aproveitáveis.³⁷ Já António Sardinha de Oliveira analisou a produtividade unitária média do trigo durante a Campanha do Trigo, entre 1928 e 1960, em correlação com características meteorológicas de cada ano que explicam as grandes variações interanuais. A produtividade média quinquenal é relativamente estável ao longo das três décadas, não sendo possível extrair nenhuma tendência³⁸. Segundo o autor, esta estabilidade deve entender-se pela combinação de efeitos contrários na cultura do trigo: de um lado, o empobrecimento das condições de fertilidade do solo (“a erosão caminha a par com essa fadiga da terra”³⁹) de evolução rápida nas terras menos produtivas “arroteadas de novo” durante os primeiros anos da Campanha do Trigo e gradual nos “terrenos melhores”; de outro lado, as melhorias técnicas, sobretudo na adubação e nas sementes. “Se não nos podemos alegrar com a verificação de um progressivo aumento da produção unitária para anos meteorologicamente iguais, devemos no entanto, levar bem em conta que esses valores podiam ter descido e isso felizmente não aconteceu.”⁴⁰

Outros agrónomos tinham anos antes, em 1946, exposto argumento semelhante⁴¹. Almeida Alves apresenta leitura idêntica à de Oliveira, publicada também em 1961, mas alarga o período de estabilização na produtividade do trigo do final de oitocentos até meio do século XX. Porém, acrescenta ao argumento – o empobrecimento do solo foi compensado pelas novas adubações – que o alargamento da cultura a terras piores terá contribuído para impedir a subida da produtividade média nacional do trigo. Mais recentemente, tanto Mariano Feio⁴² como Jaime Reis⁴³ corroboram, surpresos, a forte estabilidade dos resultados médios do trigo naquele período, que explicam, pondo de lado a evolução da fertilidade do solo, a partir exclusivamente do efeito estatístico acrescentado por Almeida Alves: o “grande progresso técnico” associado ao uso crescente de adubos foi contrabalançado pelo aumento da área de cultura com uma percentagem cada vez maior de solos de baixa qualidade⁴⁴.

Como vemos, os fenómenos de degradação do solo persistem na sua invisibilidade, neste caso diluídos na composição de causas que explicam uma extraordinária manutenção da produtividade do trigo durante, pelo menos, 60 anos. Muito embora possamos deduzir daqui uma “ocultação” disciplinar e cultural das relações entre sociedade e meio biofísico, já antes referida, a fraca visibilidade da dinâmica do solo parece radicar noutras razões ainda. Ao contrário, por exemplo, da evolução dos cobertos arbóreos ou da fauna, observáveis à vista no

³⁷ Ramalho, A. Magalhães, *A terra e as suas fraquezas: divagações a propósito de um simpósio sobre fertilizantes*, Boletim da Ordem dos Engenheiros, 4, 1955.

³⁸ Oliveira, A. J. Sardinha de, *O tempo e a produção unitária do trigo (1928-1961)*, Lavoura Portuguesa, LI, 1 e 2, 1961.

³⁹ *Ibid.*, p. 28.

⁴⁰ *Ibid.*, p. 9.

⁴¹ Coelho, Armando R. de Paula, *O problema do trigo*, Revista do Centro de Estudos Económicos, 3, 1946.

⁴² “Estas variações surpreendem, mas, reflectindo, parecem aceitáveis”. (Feio, Mariano, *A evolução da agricultura do Alentejo Meridional. As cartas agrícolas de G. Perry*. Lisboa: Colibri, 1998, p. 65).

⁴³ “À primeira vista, esta aparente imutabilidade de resultados deixa-nos perplexos, tendo em vista a difusão, nesta época, dos adubos químicos, quase inteiramente constituídos por superfosfatos, cujos efeitos sobre a produção eram inegáveis e universalmente apregoados.” (Reis, Jaime, *A «Lei da Fome»: as origens do protecçãoismo cerealífero (1889-1914)*, *Análise Social*, XV, 1979, p. 784).

⁴⁴ Reis, J., *op. cit.*, 1979, p. 784-785.

espaço e no tempo, ou do clima, registado com medições simples de temperatura e precipitação desde o século XIX, a fertilidade do solo é difícil de ver ou medir. Manifestou-se desde sempre enquanto potencial produtivo, como “chão” que dá boas ou más colheitas, que pode ser enriquecido ou empobrecido, e cuja mensuração se desenvolveu junto das ciências do solo a partir de indicadores, por definição indiretos: perfil do solo, textura, teor em argila, em matéria orgânica, em macronutrientes, etc. Além do mais, ao contrário do impacto social de anos sucessivos de seca, do desaparecimento da charneca e do lobo, ou do êxodo rural dos anos 1960, a evolução da fertilidade do solo em Portugal foi pouco “catastrófica” e, logo, pouco histórica.

É esta dificuldade em tornar socialmente visível o problema da fertilidade do solo que leva Almeida Alves a referir o pequeno Dust Bowl de Badajoz no seu livro que vimos referindo: “Basta observar as nuvens de pó que, de há uns anos para cá, se formam próximo de Badajoz, para ver que introduzindo o algodão, também os espanhóis de hoje estão talvez criando o seu pequeno «dust bowl»”⁴⁵. Ilustração próxima, mas no essencial extemporânea. Badajoz é em Espanha, a Dust Bowl foi nos Estados Unidos da América e o cultivo do algodão praticamente não se fazia em Portugal. Ele está convencido da gravidade do problema mas, excetuando os resultados dos ensaios e uma produtividade do trigo estagnada, tem poucas catástrofes para mostrar. Faz uma breve menção ao Alentejo meridional e refere as consequências negativas da intensificação da cultura do trigo na Austrália e África do Sul.

É este quadro de acesso restrito à dinâmica histórica do solo, que não seja pela sua expressão produtiva, que leva, na nossa opinião, Claude Reboul, agrónomo e economista agrário, a definir a fertilidade do solo em termos substancialmente económicos a partir da “medida mais simples e mais usual dada pela quantidade de matéria vegetal produzida por unidade de área”⁴⁶. Embora considerando de início que “a fertilidade do solo é ao mesmo tempo determinante dos sistemas de cultivo e determinada por eles” e dando particular atenção à dinâmica da matéria orgânica nos sistemas e no solo, a sua argumentação evolui para uma conceção da fertilidade assente em determinantes sociais, onde a fertilidade do solo aparece como sinónimo operacional de produtividade unitária da terra: “somente as diferenças na fertilidade agronómica [produtividade unitária] são suscetíveis de medição”⁴⁷. Note-se que uma definição de fertilidade como quantidade de matéria vegetal por unidade de área permite determinar fertilidades do solo elevadas em sistemas agrícolas sem solo.

Da nossa parte, quisemos expor a dinâmica do solo agrícola enquanto história ecológica particular, com processos e categorias de análise específicas dadas pelas ciências do solo, em relação com o desenvolvimento dos sistemas de cultivo e da agronomia. Tal implica evitar a redução plena do sistema solo a factos de natureza social, i.e, humana, algo que está hoje

⁴⁵ Alves, J. Almeida, *op. cit.*, 1961, p. 417.

⁴⁶ Reboul, Claude, *Déterminants sociaux de la fertilité des sols. Post-scriptum: fertilité agronomique et fertilité économique*, Actes de la recherche en sciences sociales 17(1), 1977, p. 85. Este trabalho é a tentativa mais antiga que conhecemos de desenvolver uma história social e económica do solo em contexto agrícola.

⁴⁷ “Esta indeterminação [da fertilidade] só pode ser resolvida colocando a questão da definição da fertilidade em termos sociais.” (*Ibid.*, p. 102).

facilitado, pois tem vindo a afirmar-se uma racionalidade ecológica do solo como ecossistema e suporte de ecossistemas, também agrícolas, assim como principal reserva e sumidouro terrestre de CO₂ no quadro do aquecimento global e das alterações climáticas. Para mais, como algumas produções dispõem hoje solo, podemos, por redução ao absurdo, continuar a fazer histórias agrícolas que dispensem a história do solo, na esteira do progresso e do aumento sem fim da produtividade a caminho de uma “humanidade sem mundo”⁴⁸.

A caracterização dos sistemas agrícolas na década de 1950 e o modelo de nutrientes permitiu reconstruir a evolução dos sistemas de cultivo e da paisagem rural portuguesa, entre o último quartel do século XIX e a década de 1950 (1873-1960), com atenção à expansão da área agrícola e ao desaparecimento quase total das terras não cultivadas, à concentração das culturas arvense no trigo em detrimento do centeio, à intensificação das rotações pela redução do período de pousio, à introdução gradual dos adubos químicos, ao aumento da produção nacional e estabilização da produtividade da terra. Sobre este material e cronologia, os comentários e análises da agronomia portuguesa foram progressivamente ganhando sentido e fornecendo sentido à sucessão de acontecimentos. Se é verdade que sem a modelação e sem a dinâmica do solo seria difícil extrair a evolução da fertilidade do solo dos dados estatísticos e do discurso da agronomia, não é menos verdade que sem estes poderíamos “cair naquilo a que alguém chamou «a mentalidade NPK»”⁴⁹ e a escrita de uma história agrícola do solo sairia enfraquecida. Pensamos assim ter conseguido reconstruir uma história dos sistemas de cultivo em Portugal a partir da perspectiva da fertilidade do solo, bem como, em sentido inverso, ter contribuído para uma história do solo, com muito caminho por fazer, a partir da confrontação da modelação de nutrientes, do sistema de cultivo e dos textos agronómicos.

Dissociação territorial e produtiva

Os anos 1950 não revelaram somente a sobreexploração do solo, uma deficiência sistémica em azoto e fenómenos erosivos generalizados. Durante esta década, o consumo de fertilizantes químicos na agricultura, que vinha crescendo desde o início do século XX e se acentuou após o fim da segunda guerra mundial, superou, no que se refere ao azoto, o fornecimento deste elemento por vias orgânicas: estrumes, matos, biomassa marinha e resíduos urbanos. No caso do fósforo, a predominância mineral tinha sido estabelecida já em décadas anteriores, enquanto a fertilização potássica se mantinha maioritariamente orgânica. A inflexão na distribuição relativa das fontes de azoto, que se observa com detalhe entre 1951 e 1958, é reflexo de uma transição mais ampla no sistema agrícola, caracterizada pelo

⁴⁸ Déborah Danowski e Eduardo Viveiros de Castro (*Há mundo por vir? Ensaio sobre os medos e os fins*, Editora Cultura e Barbárie, 2014, p. 31-35) discutem a conjunção precária atual entre “humanidade” e “mundo” a partir da disjunção futura e limite destes dois polos em *mundo sem nós*, isto é, “o mundo depois do término da existência da espécie humana”, e *nós sem mundo*, como “humanidade desmundanizada ou desambientada”, enquanto subsistência de alguma forma de humanidade após o fim do mundo.

⁴⁹ Alves, José Almeida, *A fertilização mineral e a correção do solo*, separata de *A agricultura e o II Plano de Fomento*, Lisboa: Secretaria de Estado da Agricultura, 1961, p. 180.

progressivo predomínio de substâncias de síntese química e origem industrial na restituição da fertilidade do solo em detrimento das formas de gestão orgânica articuladas numa base territorial local e regional⁵⁰.

A articulação agro-silvo-pastoril que sustentava a fertilidade do solo nos sistemas de agricultura orgânica, mediante a transferência de nutrientes entre diferentes utilizações do solo – fundamentalmente, das pastagens para o solo cultivado – foi gradualmente enfraquecida pelo alargamento da área agrícola sobre territórios de pastoreio e de matos. Tal deu-se tanto por extensão dos cultivos a terras de pastagem permanente, como pela intensificação das rotações de cereais com encurtamento dos pousios, as pastagens temporárias.

A disseminação dos fertilizantes químicos libertou os sistemas de cultivo da gestão interdependente do uso do solo ao permitir a entrada significativa no agroecossistema de nutrientes de proveniência externa. Os adubos atuaram quer como promotores da desarticulação entre agricultura, pecuária e floresta, quer como resultado dessa desarticulação. É inútil procurar isolar a causa original pois ambos os fenómenos — a expansão agrícola ou a vulgarização dos adubos — se desenvolvem paralelamente e em dependência mútua ao longo de toda a primeira metade de novecentos. Nalguns casos, como na região de Aveiro, a introdução dos adubos está diretamente associada à redução drástica na biomassa marinha do estuário em 1936 (amplamente utilizada como fertilizante desde o século XVIII), provocada pelo aumento das correntes adentro do estuário após obras de modificação da barra de mar⁵¹; ou em Trás-os-Montes, em que a fertilização química é praticamente ausente até aos anos 1930 quando o desequilíbrio entre as superfícies de pastoreio e de cultivo parece atingir um nível crítico⁵². Noutros casos, como no sul cerealífero nas primeiras duas décadas do século XX, a conjugação do aumento do preço do trigo ao produtor e o abaixamento nos preços do superfosfato, com direção do Estado e da indústria, parece indicar uma causalidade contrária, em que os adubos aparecem como promotores da expansão agrícola sobre a charneca e pousios enfraquecendo a conexão agro-pastoril necessária à sustentação orgânica da fertilidade⁵³.

De todo o modo, a dissociação entre produção agrícola, pecuária e floresta, já evidente na década de 1950 e hoje plenamente desenvolvida, não teria sido possível sem o aparecimento dos fertilizantes químicos, por um lado, e de rações importadas para substituição dos pastos na

⁵⁰ Carmo, M., García-Ruiz, R., Ferreira, M. I. and Domingos, T. *The N P K soil nutrient balance of Portuguese cropland in the 1950s: The transition from organic to chemical fertilization*. Scientific reports 7 (1): 8111, 2017.

⁵¹ Cf. Rezende, J. V., *Monografia da Gafanha*, Coimbra: Instituto para a Alta Cultura, 1944; Alves, J. Almeida, *O problema do moliço*, separata de Agros, Lisboa, 1940.

⁵² Cf. Santos, J. Lima, *op. cit.*, 1992; Aguiar, C. *et al.*, *op. cit.*, 2011

⁵³ “Em vez de se pensar unicamente em termos de proteccionismo, pode-se supor que aquilo que provocou realmente a rápida difusão dos adubos foi este movimento de «tesoura» entre os preços dos superfosfatos e os do trigo.” (Reis, J., *op. cit.*, 1979, p. 786). Por outro lado, referindo a opinião de Miguel Fernandes, “as vastas charnecas do distrito de Beja «não são suscetíveis de cultura lucrativa apenas escudadas com a proteção pautal, por mais excessiva que seja, sem o concurso eficaz dos adubos»” (*Ibid.*, p. 787). Também Rui Santos e Maria José Roxo relacionam a entrada dos adubos químicos em Mértola à ação do Estado, justificada pela necessidade de cultivar as charnecas (*op. cit.*, 2013).

alimentação animal, por outro. “Hoje podem-se levar à terra os nutrientes minerais nas quantidades que se queiram”, escreveu Mariano Feio em 1968⁵⁴.

A esta transformação, de carácter ecológico, sobrepôs-se uma outra assente na substituição do trabalho humano e animal pela motorização que, com efeitos aparentemente diminutos na gestão da fertilidade do solo, atuou de forma profunda na ligação entre trabalho e agricultura, entre população e território. Grande parte do trabalho agrícola, das lavras à debulha e ao transporte, pôde ser substituído por máquinas motorizadas, como os tratores, ceifeiras e debulhadoras. Este processo começou a ter significado na década de 1950, generalizando-se na seguinte em consequência da “debandada que varreu os campos”⁵⁵ a caminho de cidades nacionais e estrangeiras. A população ativa agrícola diminuiu 8% entre 1950 e 1960, e 31% entre 1960 e 1970. Na década de 1960 cerca de um milhão de pessoas saiu de Portugal⁵⁶.

Estas duas grandes transições configuram a difusão do modelo químico-mecânico na agricultura: substituição dos processos biofísicos dos agroecossistemas por fluxos químicos de origem industrial e do trabalho humano e animal pelas máquinas. Este movimento se tomado em conjunto com o movimento de retração da área agrícola iniciado nos últimos anos da década de 1950 torna manifesto uma importante cesura a meio do século XX português: “A agricultura, a sociedade rural e o espaço trilhavam caminhos coincidentes. (...) A agricultura, o espaço e a sociedade rural têm agora caminhos dissociados.” Também Henrique Pereira dos Santos defendeu recentemente, na sua tese de doutoramento, um século XX bem dividido em duas metades opostas no que refere à “paisagem rural”: primeiro a “intensificação” a que se seguiu o “abandono”.⁵⁷

Para estudar o novo quadro de transformação, que apresentamos na última parte desta dissertação, apoiámo-nos nos dados de área agrícola, produção e produtividade unitária coligidos para os anos 1957 e 2009. Ao longo destes cinquenta anos ocorre a contínua redução da área agrícola e o contínuo aumento da produtividade da terra. Como resultado, temos hoje uma agricultura com maior produção por unidade de área, que utiliza uma porção de território menor e que apresenta uma produção global de alimentos inferior à da década de 1950. A evolução contrária dos indicadores produtividade e produção reside naturalmente na redução da área agrícola.

Em relação aos espaços incultos, os resultados para a segunda metade do século XX mostraram uma transição na área de 7% (1957) para 20% (2009) na proporção continental. Em 2009 já são cerca de 1,8 milhões de hectares. Recordemos que em 1873 a proporção seria de 45%. Cerca de 150 anos podem resumir-se assim: “passou-se duma perspectiva em que se defendia o máximo aproveitamento do território”, que resultou na eliminação dos incultos, das

⁵⁴ Feio, M., *O que a Lavoura precisa conhecer*, Revista Agronómica LI, 1968, p. 12

⁵⁵ Baptista, Fernando Oliveira, *Declínio de um tempo longo em Agriculturas e territórios*, Oeiras: Celta, 2001, p. 9.

⁵⁶ Vd. Baganha, Maria Ioannis, *As correntes emigratórias portuguesas no século XX e o seu impacto na economia nacional*, *Análise social*, XXIX, 1994, p. 959-980; e Baptista, F. O., *op. cit.*, 1993, p. 377.

⁵⁷ Baptista, F. O., *op. cit.*, 2001, p. 9; e Santos, H. P., *op. cit.*, 2015.

charnecas, entre o final do século XIX e os anos 1950, “para outra em que se apresenta como inevitável o abandono de parte dele pela agricultura”, sobrando terra para a produção agrícola⁵⁸.

A transformação na pequena região do Alto Barroso estudada ao longo do século XX através, precisamente, das conexões entre sistemas agrícolas, mercados e recursos naturais, pode servir-nos de base de compreensão para o século XX português⁵⁹. O sistema agro-silvo-pastoril do início de novecentos, ali largamente autossuficiente na produção de alimentos e materiais, dispondo de áreas de pastoreio superiores às de cultivo e capaz de reproduzir as condições de fertilidade do solo cultivado, foi gradualmente especializando-se e comercializando a produção (primeiro vitelos e depois batata para semente). A superfície cultivada foi alargando até que, por volta da década de 1930, o recurso à fertilização química se torna indispensável. Nos anos 1950, no concelho de Boticas no Alto Barroso, a área dedicada à batata para semente continua a crescer, “apesar da crise observada”⁶⁰. De 1960 em diante, as atividades de produção vegetal sofrem uma marginalização progressiva como resultado do “processo geral de integração mercantil”, de acordo com Lima Santos. Observam-se elevadas taxas de emigração e de abandono do uso do solo. Em balanço a esta última fase, conclui-se que o diferencial entre o “potencial biofísico tecnicamente aproveitável” e o “nível de aproveitamento efetivo dos recursos naturais” se acentuou com o desenvolvimento das relações de mercado⁶¹.

Para aprofundar a compreensão deste processo seria necessário estabelecer um quadro de análise, apenas aflorado nesta tese, dedicado à inscrição das relações de mercado nos sistemas agrícolas, nas formas de vida e de pensar rurais e nos discursos e práticas das ciências agrárias. Do lado dos sistemas de cultivo, observa-se que economias situadas por “territórios alimentares”⁶² e fracamente mercantis⁶³, assentes em metabolismos agroecológicos com fluxos materiais e sociais muito localizados, foram substituídas por economias crescentemente monetárias, energéticas e dependentes da compra de nutrientes por ação do desenvolvimento de relações de mercado nacionais e internacionais. A função alimentar da agricultura subsumiu-se na função económica. Ou como escrevemos mais adiante, “o que antes era um território passou a ser uma economia”⁶⁴.

⁵⁸ Baptista, F. O., *op. cit.*, 2001, p. 9.

⁵⁹ Santos, José Lima, *Mercado, Economia e Ecossistemas no Alto Barroso: um estudo de sistemas de aproveitamento de recursos naturais*, *op. cit.*, 1992.

⁶⁰ Alves, A. Sebastião, Peres, A. de Brito, *Inquérito Agrícola e Florestal. Concelho de Boticas (volume 236)*, Plano de Fomento Agrário, 1951, p. 21.

⁶¹ Santos, *op. cit.*, 1992: 241.

⁶² Radich, 2001 apud Baptista, F. O., *O espaço rural: declínio da agricultura*. Lisboa: Celta, 2010, p. 164.

⁶³ Jaime Reis estimou que cerca de metade da produção de trigo no Alentejo no final do século XIX era distribuída no interior das explorações como pagamento do trabalho agrícola. A partir da contabilidade de duas grande propriedades registou que a aveia, cevada e centeio produzidos nunca foram vendidos (Reis, Jaime, *op. cit.*, 1979, p. 767). Já a meio do século XX, Fernando Oliveira Baptista regista taxas muito baixas de comercialização do milho no norte do país (Baptista, F. O., *op. cit.*, 1993, p. 189-196).

⁶⁴ Carmo, M., e Rodrigues, C. *A natureza enquanto política: pensar a agricultura e a natureza na transformação rural do século XX português*. CEM/Cultura Espaço Memória 7, 2016, p. 95.

Esta mudança de fase no século XX, a cesura a que nos referimos atrás, observa-se no discurso das ciências agrárias portuguesas e de forma nítida em Eugénio de Castro Caldas, de acordo com os textos recolhidos por Fernando Oliveira Baptista. Entre 1947 e o final da década de 1950, ocorre uma deslocação da sua atenção com os níveis de vida das populações rurais, bem marcadas em alguns textos, para os níveis de desenvolvimento dos territórios. Das referências à “exploração do homem pelo homem” e à “civilização industrial capitalista” que ensinou “lições de renovado egoísmo”, Caldas passa à defesa vigorosa do progresso e à saudação da “morte do camponês”⁶⁵. Por último, não podemos deixar de notar num trabalho de Almeida Alves, publicado já em 1989, onde se faz um balanço à fertilidade do solo em Portugal e se sente também um balanço à sua carreira, uma certa frustração perante o desaparecimento do modo de pensar e intervir da agronomia da primeira metade do século⁶⁶.

Não obstante este quadro de descontinuidades há porém um aspeto que introduz uma forte continuidade, conquanto transfigurada e problemática. Os matos da charneca que desaparece no final do século XIX e primeiras décadas do XX voltam a aparecer nas primeiras manchas agrícolas abandonadas nos anos 1960, progredindo continuamente até atingir em 2009 os 1,8 milhões de hectares referidos. Cumpre-se assim as recomendações e previsões de vários agrónomos atentos à degradação do solo nos 1930 e 1950⁶⁷, que afirmam ser necessário o “regresso da antiga paisagem regional – a charneca.” No entanto, esta charneca, que fora apodada em oitocentos de espaço inculto desaproveitado, de promissor “Far-West” português⁶⁸, ignorando-se os seus cultivos itinerantes e funções diversas e reiterando-se “imaginárias condições de fertilidade mal aproveitada”⁶⁹, reaparece, agora sim, como improdutivo, espaço desativado das anteriores funções sociais, económicas e ecológicas. Note-se que é sobre os solos menos produtivos dos anos 1960, de pior constituição, em declives mais propícios à erosão e/ou progressivamente degradados, e portanto primeiramente abandonados, que a charneca se desenvolve.

⁶⁵ Baptista, F. O., *O rural, da agricultura ao projecto-natureza em O espaço rural: declínio da agricultura*, Lisboa: Celta, 2010.

⁶⁶ Alves, J. A., *A fertilidade de alguns solos e problemas dela decorrentes*, Lisboa: INIA, 1989.

⁶⁷ “Contava-se já que as produções das terras, há pouco arroteadas, diminuiriam progressivamente, e que estas poderiam voltar, senão no todo pelo menos em parte, à sua anterior condição de charneca.” (Câmara, António P. Sousa da, Melo, Lúcio Mercês de, *Ensaio de intensificação cultural do trigo*, Revista Agronómica, XXIV(4), 1936, p. 368); “O recurso à protecção do solo com vegetação rasteira ou arbórea conveniente poderia constituir a salvação do muito que se está condenado a perder-se (...). Aquela protecção exige (...) que se retroceda para a velha técnica cultural de pousios mais longos na quase totalidade da cerealicultura concelhia, para a arborização artificial em extensas áreas melhor adaptadas, ou para o regresso da antiga paisagem regional – a charneca.” (Russo, C. Simões; Tavares, H. Matos; Ferreira, M. Alves, *Inquérito Agrícola e Florestal. Concelho de Mértola (volume 28)*, Plano de Fomento Agrário, 1950, p. 81).

⁶⁸ “Nas extensas charnecas do Baixo Alentejo, destinadas talvez a representarem no futuro, em relação a Portugal, o papel do Far-West americano.” (d’Almeida, J. Veríssimo, 1885 apud Reis, Jaime, *A «Lei da Fome»: as origens do protecção cerealífero (1889-1914)*, op. cit., 1979, p. 746.

⁶⁹ “O «problema dos incultos» (...) recebeu dois golpes que, para sempre, o devem ter feito desaparecer: um porque, completando a tarefa dos princípios do século, liquidou os últimos vestígios da charneca: a Campanha do Trigo; outro porque, desvendando a realidade, mostrou ao público que os baldios não correspondiam ao que ingenuamente se dizia a respeito de imaginárias condições de fertilidade mal aproveitada: o reconhecimento da Junta de Colonização Interna.” Gomes, M. de Azevedo, Barros, Henrique de; Caldas, E. de Castro, *Traços principais da evolução da agricultura portuguesa entre as duas guerras mundiais*, Revista do Centro de Estudos Económicos, 1, 1944, p. 95-96

A ironia desta continuidade é que a nova charneca veio cobrir e, em certo sentido, dar fim ao principal problema ambiental de origem agrícola da primeira metade do século XX — a degradação dos solos — e dar início ao principal problema ambiental, territorial e humano, sem solução à vista, das últimas décadas do século XX e primeiras do XXI — os incêndios rurais⁷⁰.

Estrutura e desenvolvimento da dissertação

O texto que agora se apresenta é composto pelo conjunto de artigos, publicados ou submetidos para publicação em revistas com arbitragem científica, produzidos durante o ciclo de estudos conducentes ao grau de doutor, como previsto no Regulamento Geral do Instituto Superior de Agronomia. O artigo que compõe a Parte I foi submetido e encontra-se em fase de revisão, como adiante se indica. Os artigos que compõem a Parte II e Parte III foram publicados em 2017 e 2016, respectivamente. Naturalmente, estes artigos surgem aqui sem alterações às versões publicadas.

Não obstante termos desenvolvido o trabalho de pesquisa por artigos, foi nossa intenção aqui articulá-los e dispô-los de modo a aproximar este documento do traçado de uma dissertação. Para tal, decidimos pela justaposição dos artigos seguindo, não a cronologia da pesquisa e da publicação, mas a sucessão temporal dos períodos históricos examinados em cada artigo. A sequência dos artigos é, assim, precisamente inversa à sequência de publicação. O objetivo é prover uma leitura consistente e agradável, em que cada artigo possa também ser lido como um capítulo, integrado no processo mais amplo de pesquisa. Esta estrutura permite, ao mesmo tempo, o desenvolvimento do texto em linha com o desenrolar histórico da agricultura, dos sistemas de cultivo, do solo e do território

A nossa pesquisa não é uma história ambiental da agricultura portuguesa, pois tal requereria a constituição de uma base documental exaustiva para uma região e recorte histórico menores. Pareceu mais produtivo, considerando também o estado inicial deste campo de pesquisas sobre a agricultura e região portuguesa, testar hipóteses de trabalho distintas, mais em linha com a abordagem das ciências do ambiente, que estabelecessem períodos e objetos de estudo específicos entre o final do século XIX e a actualidade. Tal não impediu que a concatenação dos diferentes trabalhos, objectivo da presente introdução e das conclusões finais, fizesse emergir lógicas subjacentes à evolução longa da agricultura e da paisagem portuguesa.

Na primeira parte apresentamos, em co-autoria com Tiago Domingos, o trabalho “Agricultural expansion, soil degradation, and fertilization in Portugal, 1873-1960: soil history or agricultural history?”. Este trabalho foi submetido a publicação na revista *Social Science History* e encontra-se em fase de revisão para eventual inclusão num número extraordinário dedicado

⁷⁰ Baptista, F. Oliveira, *Declínio de um tempo longo*, op. cit., Oeiras: Celta, 2001, p. 21; Moreira, F., Rego, F. C. & Ferreira, P. G., *Temporal (1958–1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: implications for fire occurrence*, Landscape Ecol. 16, 2001, p. 557–567; Carmo, M., Moreira, F., Casimiro, P. & Vaz, P. *Land use and topography influences on wildfire occurrence in northern Portugal*, Landscape Urban Plan. 100, 2011, 169–176.

à sustentabilidade do solo em perspectiva histórica – “History from the Ground Up: Soil Sustainability Over the Long Term” – coordenado por Geoffrey Cunfer (University of Saskatchewan, Canadá).

Partimos de dúvidas sobre a relação entre a Campanha do Trigo e a degradação do solo, bem como dos resultados do modelo de nutrientes realizado para os anos 1951-56 e fizemos uma pergunta de maior abrangência: de que modo o movimento ininterrupto de expansão agrícola da primeira metade do século XX se relacionou com a evolução das condições de fertilidade do solo. Em resposta, desenvolvemos um argumento que teve de recuar ao último quartel do século XIX para encontrar um possível início para processos que gradualmente se desenvolvem por todo o país até aos anos 1960. A atenção ao sistema de cultivo e à dinâmica do solo permitiu a integração sucessiva de diferentes fontes históricas e diferentes linguagens académicas, designadamente história e economia agrária, arquivo agronómico, ciências do solo, ciclos de nutrientes, estatística agrícola, entre outras.

Na parte II, composta pelo artigo “The N-P-K soil nutrient balance of Portuguese cropland in the 1950s: The transition from organic to chemical fertilization” feito em co-autoria com Roberto García-Ruiz, Maria Isabel Ferreira e Tiago Domingos e publicado na revista *Scientific Reports*, apresentamos os resultados principais do balanço de nutrientes ao solo agrícola português, para o período 1951-56. Tivemos por objetivo duplo contribuir para o desenvolvimento desta metodologia num âmbito global – balanço histórico de nutrientes em sistemas agrícolas – e aprofundar o conhecimento sobre os sistemas de cultivo na década de 1950 em relação com a história agrícola portuguesa. Do ponto de vista metodológico importa referir o trabalho de modelação com recolha exaustiva de materiais e quantificações várias na estatística e documentação agrícola histórica.

A terceira e última parte, que precede as conclusões finais, é composta pelo artigo “A natureza enquanto política. Pensar a agricultura e a natureza na transformação rural do século XX português” escrito com Catarina Rodrigues e publicado na revista *CEM/Cultura, Espaço & Memória* da Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Este trabalho foi preparado, como se disse, antes de qualquer outro aqui mostrado e procurou discutir a evolução da produção agrícola portuguesa na segunda metade do século XX, numa perspectiva mais política do que histórica. É interessante notar, terminada a pesquisa, que este trabalho foi essencial para a identificação de hipóteses que ganharam consistência e desenvolvimento nos trabalhos posteriores, nomeadamente, ao propor uma “história agrícola da fertilidade do solo”.

PARTE I

Agricultural expansion, soil degradation, and fertilization in Portugal, 1873-1960: soil history or agricultural history?

Miguel Carmo^{1,2} and Tiago Domingos²

ABSTRACT

With this research we wanted to understand what happened to the agricultural soil fertility during the Campanha do Trigo (Wheat Campaign) in Portugal, from 1929 on. It is common sense that the abusive expansion of wheat crops during the Estado Novo fascist regime led to the degradation of soils in the southern half of Portugal. This relationship, however, has never been questioned before. We developed a long argument that goes back to the last half of the nineteenth century in search of a possible start of the processes that gradually intensified throughout the country. In short, the expansion of the cultivated area in association with the inadequate intensification of rotations over about 80 years, also occurring in non-wheat areas, accentuated soil erosion and made organic fertilization progressively less effective. These transformations were only partially offset by chemical fertilization. Nitrogen is perhaps the key factor in this historical reconstruction.

Focusing on the cultivation system and soil dynamics allowed the successive integration of different kinds of historical evidence and sources. From an environmental issue - why does agricultural soil degrade? - we developed a historical inquiry that sought to understand the soil degradation over time and space, and to assess its social and biophysical impact. At the same time we discussed the history of agriculture in Portugal, as well as the disciplinary foundations of historiography.

Keywords: Agricultural frontier, Agronomy, Chemical fertilization, Crop rotation, Nitrogen.

¹ Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food (LEAF), Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.

² MARETEC, Environment and Energy, Department of Mechanical Engineering, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.

“Ever’ year,” said Joad. “Ever’ year I can remember, we had a good crop comin’, an’ it never come. Grampa says she was good the first five plowin’s, while the wild grass was still in her.”

(John Steinbeck, *The Grapes of Wrath*)

According to Portuguese agricultural records, the 1950s represented a period of acute soil degradation throughout the country, with especially disastrous effects in the south. We subjected this interpretation to a retrospective analysis, reaching back to the last quarter of the nineteenth century in search of a historical explanation - one that would correspond both to the agricultural statistics and discourses of the time; and to our current understandings of soil dynamics. The question we asked ourselves was, how did the unrelenting expansion of agriculture between 1873 and 1960 relate to the evolution of soil fertility?

There have been a number of recent articles on Portuguese landscape that presume that the “Campanha do Trigo” (Wheat Campaign) launched in the 1929 and lasting until the 1960s (see Baptista 1993)³, caused the drastic degradation of agricultural soils in the southern half of the country. An article analyses the reduction of open evergreen oak woodlands in the south during the twentieth century, briefly attributing soil degradation to a “long history” of deforestation and erosion associated with the Campanha do Trigo and with previous episodes of wheat protectionism in the late-nineteenth century (Costa et al. 2011). Another one says that “the Campanha is often referred to as having been the most severe period of soil degradation.... And, in fact, it may well have been.” (Ferreira 2001: 187). It is a credible argument and one widely shared beyond academia, yet it has not been subjected to a thorough examination. The notable exception is the study on the hilly common land of Mértola (Santos and Roxo 2013).

Moreover, as the archives prove, even basic notions such as “moorland” or indeed “soil” contain their own histories, which are intrinsically related to our research question. What we see occurring in the 1950s may have less to do with the soil changing in a biophysical sense, and more to do with a change in how the soil is considered both by Portuguese agronomy - with the

Thanks are due to Manuel González de Molina and to Frederico Ágoas for their critical and kind reviews of an earlier version of this article. Work was supported by FCT/MCTES projects UID/EEA/50009/2013 and doctoral grant SFRH/BD/90106/2012 (to M. C.).

³ The Wheat Campaign was a broad national policy of the Estado Novo regime that put forth economic incentives, infrastructures and propaganda aimed at expanding wheat culture and eventually national self-sufficiency.

emergence of the field of pedology in the 1930s - and by the State, which from 1938 alleges “soil conservation” as one of the motives behind the compulsory foresting of “baldios” (wasteland commons). The combined history of the soil and of agriculture is also a history of the cognitive and ideological frameworks of agronomy.

A. Soil and agriculture: an environmental, historical and epistemological problem

Five months after the 25th April Revolution of 1974, a book was published on the agrarian history of Portugal, which had been written in exile by Villaverde Cabral. An unprecedented attempt to provide a detailed timeline beginning in the early 1800s and running all the way up to 1970, it was also the first perspective, at least within Portuguese historiography, to correlate the transformations in the rural “social fabric” with the “development of capitalist relations of production” and “the progressive marginalisation of pre-capitalist sectors” (Cabral 1974: 12, 21, 24). In this book, the economy is perceived to be “a mystifying category, designed to make us forget other categories such as the social and the political *for starters*” (Ibid.: 24) (the emphasis is ours). At two points, well into the text, the author summarizes his theoretical approach as shifting historical analysis to the “very soil of society” in which specific, conflicting situations can be said to reside, themselves the result of “a vast variety of pressures” in constant evolution (Ibid.: 24, 70, 81). The soil appears to be an apt metaphor for “social fabric” and for emphasising the basic and transversal character of this category in relation to the economic situation, political-institutional solutions, and to culture. However, this metaphor of the soil also serves, paradoxically, to demonstrate its exclusion from “Portuguese society”. This innovative conception of historical agency for the time - in which there is a nod both to the historian Pierre Vilar, and to the theoretical space of Italian workerism (cf. Neves 2011) - excluded specific agricultural processes, in which soil dynamics gains prominence.

Cabral came to agrarian history having understood that in order to study industrial production in the nineteenth century (his following book), one had first to study agriculture, the dominant social system at that time: “We cannot hope to understand globally the nexus of Portuguese history, without paying great attention to the agricultural question” (Cabral 1974: 26). For us, it was necessary to take one step further back.

This line of questioning did not pass unnoticed by Portugal's economic historians. At the beginning of the 1980s, Jaime Reis suggested that in the study of Alentejo (Southern Portugal) agriculture from the end of the late nineteenth century certain themes – “of which Portuguese historians have been less fond” - merited further attention, such as “the ecology and allocation of natural resources” (Reis 1982: 17-8). Two years later, he published a well-known paper on the economic backwardness of Portugal, 1860-1913, in which he concluded that the “lack of agricultural progress during this period might have been mostly related to the soil and climatic conditions that prevented Portuguese farmers from participating in the «nitrogen revolution»” (Reis 1984: 11). It is a lone reference to the cultivation of fallows in cereal crop rotations using nitrogen-fixing legumes, a modification that was widespread in Northern Europe at the time.

Within the field of agricultural economics, meanwhile, Baptista advocated in 1979 that the “exhaustion” of the soil in the south had been a contributing factor, among others more relevant, to the great rural exodus of the 1960s (Baptista 1980: 367).

Returning to the mid-twentieth century, we find further historiifying approaches to soil. The agronomist Amílcar Cabral, who would later led the independence movement for Guinea Bissau and Cape Verde, worked on soil conservation in Portugal in the early 1950s. He conceived the soil as the result of a genesis guided by “natural laws”, cultivation practices, and the socio-economic structure of farms. But also as something that conditions the development of science: “soil is «something that moves», meaning that it is constantly transforming. This implies the transformation of pedology itself” (Cabral 1988 [1951]: 88, 125). In Cabral, the soil is a participant in social processes, as is evident in the dedication of his final thesis to the landless day labourers, “peasants of the *latifúndios*, who live in uncertainty and under the threat of erosion” (Ibid.: 83). A decade earlier in a text on the “complexity of rural life”, the geographer Orlando Ribeiro discussed the importance of the soil and the climate in the making of different types of settlements concluding that “they are not in fact determining causes, but rather relations”, which should be brought together alongside others. “The good way consists of gathering the facts, and bundling them together according to their apparent affinities: thus they shall allow themselves to be explained.” (Ribeiro 2014 [1941]: 426-7)

The perspective developed in this paper cannot be disassociated from the present day. The crisis that has shaken today's understandings of *society* and *nature*, or the distinction between human history and natural history is inseparable from contemporary climatic or biological crises. We are forced to acknowledge that the development of these two overlapping crises, the epistemological and the environmental, poses challenges for historiographical practice and for those hoping to gain a historical understanding of the present, as Dipesh Chakrabarty (2009: 199) observes: “As the crisis gathered momentum (...) I realized that all my readings in theories of globalization, Marxist analysis of capital, subaltern studies, and postcolonial criticism over the last twenty-five years, while enormously useful in studying globalization, had not really prepared me for making sense of this planetary conjuncture within which humanity finds itself today.” We find similar developments at the beginnings of environmental history that come to be classed as *environmental* only because *political* is such a disputed term. In the bibliography of William Beinart, for example, a political and racial history of South Africa was gradually deepened by the study of agriculture and rural politics, “in which natural forces are more than just a backdrop to human history” (Beinart 2018, 2003: XV).

Although we can discern from the literature on Portuguese history, agriculture, and soil the disciplinary frontiers that make it difficult to develop a history of soil, there are other, methodological reasons that are the main difficulties of this study. The soil does not speak of its past, left no written records, and we do not have in Portugal long historical series of soil indicators, such as soil nutrient contents and organic matter. The evolution of the Portuguese agricultural soil is a past of difficult access whose reconstruction must be approached

somewhat cautiously. In 1963, it was said: "I regret not having the elements which would allow me to measure the depths of degradation that the Alentejo soil has already reached - and I do not know if they even exist" (Sampaio 1965). By focusing on the cultivation system and how it works ecologically and agriculturally - that is, on the modes of production (Worster 1990) - we can establish a framework of analysis that promotes a historical understanding literally from below. The cultivation system shifts historical analysis to the "very soil of society".

B. Agricultural soil degradation, 1930-1960

In the final decades of a long period of agricultural expansion initiated in the second half of the nineteenth century, warnings about the state of the soil are increasingly heard. These warnings were neither fringe agronomics nor the precocious soundings of environmentalism, nor were they related to political opposition to the Estado Novo regime. They came from agricultural institutions and their official reports, from the very agronomists who organized the *Campanha do Trigo*, from which testimonies, scientific discussion and proposals emerged. António S. Câmara (1951) writes of a "land being plundered", referring to erosion, deforestation and soil infertility. He was the *Campanha's* head of office, and as early as 1936 had noted that "recently cleared lands have progressively declined in productivity, and could partially, if not entirely, revert to their previous condition as moorlands." (Câmara and Melo 1936: 368).

In 1943, the *Campanha's* brigade chief in Beja Mira Galvão (1943a: 13) wrote: "knowing the terrain and climate of the hot and arid region of the Baixo Alentejo, and having observed Alentejo farms over the last thirty years both as an agronomist and as a farmer, I am convinced that the unproductivity that has, of late, become more pronounced in the lands of this region must be attributed not only to low levels of rainfall, which is always the determining factor for a good or bad year but also, fundamentally, to the excessive wear inflicted on organic matter." In this text, Galvão says he was the first to sound the alarm about declining soil fertility, in a publication from 1930: "my call was barely heeded then and most of these poorer lands such as the Mértola and Serpa mountains, already at a disadvantage from the climate and the intensive rainfalls that washes away into the rivers the best earth and its fertilizing principles, now refuse to produce. What is happening in this region is occurring *mutatis mutandis* throughout the poor lands that lie to the south of the Tagus." (Ibid.: 9).

Greater context is provided by the Agricultural and Forestry Survey conducted across most of the municipalities of the country between 1950 and 1958 and published in more than 250 volumes. "It is no exaggeration to say that agricultural soil, in the ordinary sense of the word, is almost non-existent: almost everywhere, ploughing tends to slice the schist, and the thickness of the arable soil rarely extends beyond a few centimetres, such is the true extent of soil displacement within two or three generations since the Grain Law [1899] and the *Campanha do Trigo* [1929]." This refers to the municipality of Mértola (Russo et al. 1950: 88-9). In Odemira, "we can calculate that more than 40% of the county needs protecting from intense, active degrading" (Valente et al. 1950: 127-31). Soil erosion seems to mark the severity of the

problem, which is found repeatedly throughout the other southern municipalities of the Alentejo and of the Algarve low mountains, extending north through the left bank of the Guadiana to the upper Alentejo, and then to the fields of Beira Baixa in the centre of the country. In the remaining municipalities of the south erosion appears to be limited to the steeper slopes.

Throughout the south and central regions there was also a chronic lack of manure, which was associated with the “land impoverishment” or “soil exhaustion”. In Ferreira do Alentejo, which has good quality soils for the southern region, it is not erosion nor depletion, but the scarcity of organic matter that is discussed: “the shortage makes itself felt even in the *barros* [deep clay-loam soils], resistant though they are by nature to depletion” (Pereira et al. 1951).

A clearer picture is provided by comparing the surveys from Cuba and Mértola, both in the Alentejo and presenting differing soil qualities under similar climatic and farming conditions. In both places, moor covers between 20% and 30% of the total area in the 1880s; and about 1% in 1950. But only 3% of Mértola's soils, compared to 69% of Cuba's were considered suitable for grain cultivation (Feio 1998: 32-3, 66). In Cuba, degradation phenomena are restricted to sloping areas and to thin and sandy-textured soils on flat lands (which still make up together 40% of the municipality's land). The report suggests allowing spontaneous weeds to grow on steep slopes and repopulating the remaining susceptible areas with cork and holm oak montados, and fig and olive rainfed groves (Cruz et al. 1951).

In Mértola the terrain is rugged across 90% of the municipality and the schist substract is detrimental to the production of good soil. Degradation is widespread (“the municipality is on its way to becoming a veritable desert” (Russo et al. 1950: 81) and the reporters suggest “reverting either to old cultivation techniques with longer fallows in almost all of the cereal farmlands”; or to the “artificial foresting of extensive areas”; or “returning the region to its previous landscape, to moor” (Ibid.: 81). The extent and intensity that differentiates the two municipalities is explicit in the survey of Cuba, which makes reference to “the calamitous situation observed in the municipalities on the banks of the Guadiana” as one which must be avoided there (Cruz et al. 1951: 17-9).

The archives are generous. In 1952, the Office of Agricultural Services released the film *Gone With the Water: The National Issue of Erosion* (Coelho 1952). Halfway between scientific outreach and propaganda, it shows long stretches of slopes and hills completely stripped of vegetation, whilst a voice-off explains the sediment transport by rainwater and concludes that “over the last few decades, cereal cultivation on sloping lands without soil protection measures has led rapidly to eroded soils and to virtual unproductivity”. In the final sequence, a map of Portugal shows the “main zones affected by erosion” (Figure 1): the size of the area (more than 50% of the country) and its prevalence in the North are staggering.

Towards the end of the 1950s, the preparatory report of the II Plano de Fomento (Development Plan) provided a comprehensive explanation for what had been taking place: “the agricultural exploitation of our territory was perhaps led to a degree of extensification beyond the natural limits of the elements [soil and climate]” (Caldas 1958: 16, 192-3). A similar

explanation had already been advanced in 1944 in less uncertain terms by three renowned agronomists: "We feel justified in characterising some of the initiatives of agricultural expansion as depredatory" (Gomes et al. 1944: 199).



Figure 1: Final image of the documentary film *Gone With the Water: The National Issue of Erosion*. Source: Still image from the digital version of the film stored in ANIM (Arquivo Nacional da Imagem em Movimento, Cinemateca Portuguesa).

C. Agricultural expansion and soil erosion

The exacerbating effects of arable land expansion on erosion are undeniable, as has been well established. An extensive analysis of the rates of soil erosion measured on plots all over Europe under natural conditions, confirms the fundamental importance of land use: arable lands and bare soil (such as the tilled fallow) has at least one order of magnitude greater soil losses than land covered with permanent vegetation (grasslands, shrubs or trees). As is to be expected, there is a positive relation between the gradient and length of slopes and the rate of erosion (Cerdan et al. 2010). It is, therefore, a plausible proposition that the erosion of the 1950s was the result of long-term agricultural expansion, which was, in turn, produced by protectionist wheat policies implemented between 1899 and the 1960s (see Reis 1979, Baptista 1993, Santos and Roxo 2013)⁴. However, both national statistics and some regional studies appear to

⁴ Portuguese wheat protectionism effectively began with the Elvino de Brito law of 1899, which both established a higher price for national wheat and ensured its preferential disposal. *Campanha do Trigo* reproduces the previous mechanisms of price and market control but adds a set of financial and infrastructural aids to the crop, such as subsidies to land clearing and fertilizers purchase; and the installation of large regional barns.

contradict such a linear explanation. Protectionism was not the sole engine of expansion, nor can it entirely explain the progressive depletion of soil.

In 1873, Portugal's mainland agricultural area measured approximately 4 million hectares, rising in the years 1951-56 to about 5.8 million hectares, most of which was cultivated with cereals. Mainland Portugal measures about 8.9 million hectares in total. To gain a better understanding of these numbers, they must be looked at in terms of uncultivated land. For 1873, it was estimated that there were just over 4 million hectares of "uncultivated but cultivable" land (INE 1968, Pery 1875). At this point, with agricultural expansion already underway, about 45% of the territory consists of "baldios", "charnecas" and "montes" (commons, moors and hills), areas of shrubland and vast pastures that supported livestock and villages. They provide firewood, and biomass for manure and serve as a place for grazing, hunting and gathering and for the intermittent cultivation of grains under long rotations (Radich 2000, 2001, Baptista 2010: 164). Pery (1883: 17) observes in Cuba that "the cultivated area has increased greatly in the last twenty years, and each year another conquest is made on the moor."

By the 1940s, these "uncultivated" lands, statistically classified as "unproductive", were declared virtually extinct in an extensive report on Portuguese agriculture evolution during the inter-war period: "there are no longer «new worlds» waiting to be discovered within our tiny territory" (Gomes 1944: 98). Resorting to colonial rhetoric, one discovers the land that becomes permanent cereal farmland, henceforth included in national production statistics. In 1951-56, the area of uncultivated soil was estimated at 490 thousand hectares, corresponding to only 5% of the country. The decades of 1940 and 1950 correspond to the "greatest demographic and territorial extent" of the agricultural and rural world, never seen before – or repeated since (Baptista 2010: 165). In sum, 3.5 million of "uncultivated" hectares were converted into "agriculture" and "forest", over a period of 80 years.

"Fifty years ago, all of this vast region, in which most of the country's wheat is produced, was almost entirely covered by scrub which was periodically destroyed by wildfires", wrote Galvão in 1943 in reference to Campo Branco, an undulating plain with thin schist soils, on the southern border of the Alentejo region (Galvão 1943a: 6).

The statistics show that of the 4 million uncultivated hectares of 1873, only around 1.5 million remained in 1907, a reduction of 2.5 million that is unlikely to have occurred entirely in the brief period after protectionism were introduced, in 1899. Even if we suppose overly that moorland was reduced by 1 million hectares between 1899 and 1907, that would still leave 1.5 million hectares to have been cleared just before the cycle of protectionism began, i.e. between 1873 and 1899, when imported wheat was preferred by millers, especially wheat from the US, not only because it was "cheaper ... but also because it is easier to work and in general gives better quality flour" (Reis 1979: 748). We should not, therefore, overstate the role of the wheat policies in agricultural expansion: in addition to the some 2 million hectares cleared during the long period of protectionism, at least 1.5 million hectares were cleared before it had even begun. Let us look in more detail at three different places.

In Alto Barroso, a mountainous region of plateaus and deep valleys tucked away in the northern borderlands of Portugal (Trás-os-Montes), 700 metres above sea level, the climate is not favourable for wheat or fruit crops, nor is much maize grown. In the second half of the nineteenth century it is rye that occupies the (biannual, rye-fallow) grain rotations, and a specialization is under way in the rearing of cattle for export to England (peaking between 1868 and 1884). This was a very isolated region, without roads, which had no grains trade with neighbouring regions, and from which only calves were exported - since they move by their own foot. Grain cultivation developed slowly, closely accompanying the rate of population growth, whilst pastures expanded more significantly owing to the extension of irrigated grassland and the continual conversion of uncultivated common land (generally broom shrubland and some woods) into natural pastureland. In 1939 the baldio still covered more than half of the region, but much of it was already pastureland. During the 1940s and 1950s, with greater expansion of cultivated area and greater commercialization of crops (especially potatoes, which by 1944 occupied 18% of the baldio land) after the construction of the first road in 1932-34, significant erosion pops up on the most fragile and sloping soils. Meanwhile, the capacity for replenishment of nutrients in the cropland soil from manure was in critical decline due to the diminishing ratio between pastureland and cropland areas (Santos 1992, 1996, Alves et al. 1951).

Although isolated, with important climatic constraints, and far removed from the national wheat policies, Alto Barroso continued to expand its agricultural area and to intensify grazing, until the degradation of its soils became evident.

During the 1920s in the parish of Zedes (south of Trás-os-Montes), the pasture area in the hills ("monte") became insufficient for producing the manure required on rye crops, which were expanding in response to population growth and the increasing demand for food. With use of chemical fertilizers still very limited, the forest was almost entirely converted into sheep and goat pastures and whenever the fertility of the cropland began to decline because of the lack of manure (i.e. of pastures), cereal crops would be extended onto these hill lands, further upsetting the balance of the nutrient transfer between land uses. Agriculture was the main driver of deforestation in these mountains, for the forest "hid in its wood and soil that which agriculture has always needed: nutrients" (Aguilar and Azevedo 2011).

Returning to the arid south, the eighteenth and nineteenth centuries brought the growing pressures of agriculture and firewood extraction to the wasteland commons of Mértola low mountain range. These were linked to the expanding population (which grew fourfold between 1798 and 1890 in the mountain parishes, owing partly to the opening of a copper pyrite mine in 1859) and to the charcoal trade along the Guadiana river, with Cadiz and Gibraltar in Spain. The shortage of firewood for the mines during the World War I led to the mountain being stripped of its remaining forest, and it was parcelled up into small, privately-owned plots of between 2-6 hectares (in 1926), where wheat was grown under intensive rotations in the context of wheat policies, poor soils and poverty. The story of Mértola is one of transition,

degradation and hardship. At the end of the nineteenth century the mountain range was covered by overused moor that was entirely replaced by unproductive arable crops, and some montados. These are the “two tragedies” of the mountain, first as common land, then as private property (Santos and Roxo 2013, Galvão 1943b: 10).

From these three examples it is clear that the local scale is essential for reconstructing the historical relations between agriculture and soil. Furthermore, the struggle for nutrients (stored in the soil, in biomass or in sacks of fertilizer) appears to be a relevant historical mechanism - albeit one that is barely visible - from the north to the south of the country. It is necessary, therefore, to look beyond the protectionism-expansion-erosion sequence of events.

D. The fallow impasse in the transformation of the cultivation system

The root causes of expansion in the last quarter of the nineteenth century - a larger population, new markets and new transportation routes - did not disappear from 1900 on. In fact, the population doubled from 4 to 8 million between 1870 and 1960, with steep growth from 1920. However, the wheat incentives gained relevance shortly after 1899, in fostering land clearing and crop commercialization. In addition, wheat began to be preferred in the best fields of the cereal rotations. Towards the end of the nineteenth century, wheat accounted for a smaller area than the other bread grains, rye and maize, but it came to dominate by the period 1915-1920, strengthening its position until the end of 1950 when it covered more than 800 thousand hectares. This made it the principal Portuguese crop, representing 30% of the sown area at the time, concentrated in the southern half of the country. Wheat cultivation increased wherever climatic conditions permitted, taking the place of rye and covering both newly cleared lands and fallow fields (Gomes et al. 1944, INE 1968, Reis 1979, Lains and Sousa 1998).

During the period we have been analysing there was hesitation within agronomy on the topic of fallow, varying from those who thought it totally unnecessary - as changes in cropping techniques would ensure - to those who recognised the strength of its persistence in the Portuguese ecological and economic framework. At the extremes we could place João Vasco de Carvalho who, in 1893, attempted to refute the “arguments in favour of fallow”, a sign of a “decaying or backwards agriculture” (Carvalho 1893: 10), and, six decades later, the Agricultural and Forestry Survey of Mértola, which advocated for long fallows to be re-introduced throughout much of the municipality (Russo et al. 1950: 81). In between, there were suggestions that the fallow should be progressively reduced through chemical fertilization and fallow cultivation with legumes and fodder crops. But the use of fallow in cereal rotations continued. In the 1950s the elimination of the fallow was still thought in abstract terms, as a “possible solution” - from those who “intend to turn weak lands, with continental climate, into the lush, green meadows that characterize the regions of northern Europe”, to those who “swear that it is impossible to end the practice of the fallow” (Malato-Beliz 1953: 7-8). At the same decade, the still-young Organisation for European Economic Co-operation (OEEC) cited the cultivation of fallows as

“the outstanding practical problem awaiting a solution in South Portugal” (quoted in Alves 1961: 419).

In any case, “the trend for reducing the duration of rotations at the expense of the soil recovery period” was well recognised in 1944 (Gomes et al. 1944: 98), and can be observed in the land use data for the period 1873-1957 (Table 1). The estimations for actual fallow areas, however, are not reliable: the detailed arable crop surveys undertaken in the 1950s and 1960s in four municipalities of the south show the fallow use to be higher than the estimates made in the first half of the twentieth century (Barros and Cascais 1956a, 1956b, 1960, 1964)⁵. In a previous study, we determined that fallows would have covered around 46% of the country arable area in the period 1951-1956: that is 2.4 million hectares annually without crops, at a moment when the consumption of chemical fertilizers was already reaching significant figures (Carmo 2017). Based on this percentage, it is possible to trace backwards to 1873 assuming an annual rate of variation, and to reach the proportion of fallow as 66% - which is higher than the estimate made at that time⁶.

This extra fallow area may well have been classified as moorland in the calculations made at the end of the nineteenth century. Feio (1998: 30) commenting on Pery's cartography and descriptions of 1880-90 concludes that “the distinction between recent fallow and a moor with old bushes of a man's height does not raise doubts. But in intermediate situations, where should we put the transition? ...In parishes with great predominance of very weak lands there was no fallow, while in others the areas of both arable crops and moorland were small and almost everything was marked as fallow.” The field reporter of that time, an agronomist, surveyor, or clerk - and rarely a farmer - saw in the high vegetation of the moors uncultivated, unused land, instead of the fallows that had lain there for some years. Campos Pereira wrote in 1915 (quoted in Radich 2000: 66-67) that “one should not think that it is easy to say where the productive territory ends and the unproductive begins.”

Table 1: The evolution of the country's fallow land area between 1873 and 1957.

(x1000 ha)	1873	1907	1920	1929	1934	1939	1957
Arable and vegetable crops	1412	2338	2400	2423	2472	2500	3160
'Uncultivated but productive'	2116	1925	1639	1565	1335	1484	810
Fallow proportion in arable crops	60%	45%	41%	39%	35%	37%	20%

Source: INE 1968. Note: The statistical category “uncultivated but productive area” consisted mainly of fallow, including some permanent pastures (1/4 according to Gomes (1944: 97)).

⁵ Beja, 1956: 47% of fallow; Serpa, 1956: 52%; Évora, 1960: 60%; Fronteira, 1964: 42%.

⁶ We used a moderate annual rate of 0.25% obtained from the difference between 1907 and 1939 (Table 1), which provides an estimate hypothetically below the actual variation.

Fallow usage seems always to have been more significant than is indicated in the statistics: at the end of the nineteenth century at least two-thirds of arable land was left unsown, and by the mid-twentieth century the proportion was still around one-half. This should not come as a surprise: according to Rebelo da Silva's accounts of national wheat production in 1924, the cultivated wheat area is multiplied by three or by four in order to estimate the total area required for cropping, which puts the proportion of fallow land at 66% and 75%, respectively (Silva 1924).

Portuguese agriculture at the end of the nineteenth century could be characterised as notably itinerant. While the most fertile and moist soils would probably have been permanently farmed, most of the territory would have been reserved for cycles of crops, grazing and scrub that were constantly being reset by slashing, burning and ploughing. If it was not quite the "quasi-gatherer economy", a term used by a French geographer in 1964 in reference to aspects of the agriculture of the south (Michel Drain quoted in Baptista 1980: 345), it was certainly "shifting cultivation", which exploited the "fertility of the wild lands" (as described by the agronomist Malato-Beliz (1953: 6)) and produced a "wasteland way of life" (as described by the historian Albert Silbert in 1978 (quoted in Santos and Roxo 2013: 123).

But why the fallow, asked Orlando Ribeiro in 1943: "Because cattle need their pasture? Because poor soils and scarce rains impose the fallow? It is difficult to isolate the primordial fact, so entangled are grazing and extensive farming" (Ribeiro 1944: 21). The afore-mentioned nutrient flow model (1951-56) shows that on average fallow land accumulated low levels of nitrogen, phosphorus and potassium due to the intense extraction of biomass from grazing. If we withdraw livestock and its excretions from the fallow, there is a substantial increase in the accumulation of these three elements in the soil (Carmo 2017)⁷. Therefore it would seem that the fallow serves less as a rest area for restoring the soil's fertility for future crop-growing, and more as a source of nutrients that are transferred to the fields via manure; and a mean of producing animal traction indispensable for farming work. The curtailing of fallows also meant that a larger area of soil was exposed to erosive agents. This network of interdependencies was not always well understood by the agronomy of the day, but that did not stop it affecting the evolution of soil and agricultural systems.

We shall try to paint a concrete picture from north to south. In Alto Barroso, the biennial rye-fallow rotations dominated until the twentieth century and were gradually replaced from the 1930s by rye-potato. This transformation increased the demand for nutrients, which were then supported by the increasing grazing areas, the irrigated grasslands and baldios, which became, however, insufficient with the progressive expansion of the potato onto those pasturelands (Santos 1992). From the late 1920s onwards, farmers in Beira Baixa and the Alentejo (unlike Trás-os-Montes) are unaware of "any pastures other than those that grow in the vacant plots of their fields". Wherever "the fallow was reduced, it was always to the detriment of cattle-rearing". When the main, triennial wheat-fallow-tilled fallow rotation was curtailed, the soil showed "signs

⁷ Nitrogen, phosphorus and potassium accumulation rates in fallow land were respectively 0.2, 0.8 and 0.1, and without grazing 7.1, 1.1 and 6.2 (kg/year/hectare).

of fatigue” (Ribeiro 1944: 14-22). In the southern Alentejo, during the clearings in the first few decades of the twentieth century, consecutive wheat crops obtained extraordinary yields, made possible by the organic matter accumulated in the soil and by fertilization with phosphorus. Then the yields fell, with less fertile soils “refusing to produce” and “it soon became apparent that 2 to 6 years [of fallow] were enough to produce one, two, or even three crops” and, with this, “the new regulation became the rule” (Galvão 1943a: 7-9)

The year 1930 seems to mark the transition from an agricultural movement based on the ability to extend crops onto new lands, to a new situation where there is little land left unploughed, and national production cannot be increased without intensifying water and nutrient cycles. However, the Campanha do Trigo (1929) actually renewed the call to expand fields onto fallow and the remains of moor. “As a result of the crop premiums, of the various stimuli created at that time, it was possible to clear the remaining moor, which had persisted uncultivated because its cleaning and cultivation was uneconomical, ...and the crops area was enlarged at the expense of the fallow.” (Galvão 1943a: 9). In Galvão's 1930 article (“which sounded the «alarm»”), suggestively titled Extensive Agriculture, Intensive Culture, he points out “the drawback of increasing the area of wheat cultivation at the expense of the fallows” (quoted in Galvão 1943a: 9). What is new is not the issue - as we can read in the texts of Miguel Fernandes (1899), Rebelo da Silva (1924) and Amado Seabra (1925) - but the context and the impact: the continuation of wheat incentives, the disappearance of unploughed lands, the “absence” of fodder plants for cultivation in fallows that are “resilient to the hostile environment”, and the limited access to nitrogenous fertilizers. All these factors fostered the appeals against the reduction of the fallow, “a quite disastrous trend, unless, as is hardly ever the case, it is accompanied by changes to the choice of exploited plants and cropping techniques” (Gomes 1944: 12, 98).

The *intensification* of the 1930s onwards developed as a superimposed and limited movement - relying mostly on the increasing use of chemical fertilizers, although still insufficient, and on the reduction of fallow - nonetheless becoming the watchword of agricultural institutions.⁸

The Alentejo moorlands were alluringly nicknamed the “Far-West” at the end of the nineteenth century, 1885 (Veríssimo d’Almeida quoted in Reis 1979: 746), but perceptions changed from the 1940s. The “identical case” of “depletion and unproductivity in the Great Plains” during the Dust Bowl created fears “that the poor lands to the south of the Tagus will suffer the same fate as their counterparts in North America” (Galvão 1943a: 10, Sampaio 1944: 3).

⁸ The plans for the “improvement” of wheat varieties and fodder crops were multiplied during the 1930s. Fodder crops would enable fallow cultivation, boosting livestock and manure, and nitrogen in the soil as the result of legume species (see Câmara and Melo 1936, Pires 1936). A national agricultural water policy began in the 1930s, but the irrigated surface increase slowly until the 1950s (Baptista 1993: 69-80). The modern soil science appeared in Portugal through Botelho da Costa, who finished agricultural engineering in 1933 with a study on “the new concepts of soil science”. In 1952 he created the discipline of Pedology and Soil Conservation.

E. The different rhythms of chemical fertilization: phosphorus and nitrogen

The spread of mineral fertilizers began in the second half of the nineteenth century and was a key development: without them, Portuguese agriculture would have followed distinct paths, restricted to organic methods for maintaining soil fertility. Mineral theories of plant nutrition developed in the 1840s, first appearing in Portugal in 1842, and the teaching of mineral fertilization was apparently included at the Lisbon Institute of Agriculture by Ferreira Lapa around 1860. We also know that in 1859 the Póvoa de Santa Iria factory (which would produce fertilizers until the second half of the twentieth century) began to produce lime superphosphate. However, the use and production of fertilizers in Portugal was limited until the 1890s. In 1894 imports reached 4,000 tons (consisting of superphosphates, Chilean nitrate and guanos), rising to 23,000 tons at the turn of the century (Graça 1939, 1954, Almeida 1960, Radich 1996: 3-8).

From then on, the use of phosphorus fertilization only increased⁹. Until the 1910s, phosphates were mainly used in the wheat fields of the south, where they generated significant increases in productivity. Jaime Reis (1979: 785) suggests increases of between 24% and 55%, whereas Rebelo da Silva (1924) and Miguel Fernandes (1899) indicated the doubling or even trebling of production after “good clearings”. Fernandes, a large-scale farmer in Beja, reports astonishment at the effects of superphosphate on the first crop fertilized in the region by his father in 1884: “Passers-by stopped on the road intrigued by the sight of the manual fertilizer spreaders engulfed in clouds of white powder. ...Within two months the benefits of the fertilizer were so salient that at a distance the traces of land that had not been fertilized seemed as if they had not been sown at all” (Fernandes 1899: 166). This fertilization, however, did not contain nitrogen or potassium. We can leave aside potassium, since it plays a less decisive role in grain growth and is already to be found in reasonable quantities in Portuguese soils (Almeida 1960, Carmo 2017). Nitrogen, however, the main nutrient from the three, was largely missing from Portuguese fertilizers until the 1920s; and it was not consumed on the same levels as phosphorus until 1935 (see Figure 2). This imbalance proved to be decisive for the different transformations underway in Portuguese agriculture.

Phosphates made economically viable grain cultivation in the “galegas” lands, shallow and poor soils which had been covered with scrub in the last quarter of the nineteenth century. Where soils were deficient in phosphates but had high levels of accumulated organic matter made available after clearing, the first fertilized wheat fields had very high yields, which rapidly declined as the organic matter of the soil - the main supplier of nitrogen consumed by the crops - fell to critical levels. It became necessary as a consequence to restore the nitrogen levels of the soil through the use of fallow, green or animal manures; or organic or chemical fertilizers. This reasoning was espoused repeatedly by agronomists and farmers from the last decade of the nineteenth century on, but the task of restoring nitrogen to the soil came to face a series of

⁹ The production of superphosphates in Portugal became relevant from 1908 when “the largest superphosphate factories on the peninsula” were installed by Companhia União Fabril (Santos 2013).

natural, technical and economic obstacles that were only effectively overcome after the end of the World War II.

Summing up: fallows were suffering a steady reduction, even on larger farms; organic fertilizers such as fish guano were effective but expensive, and the first nitrogen fertilizers made available, sodium nitrate and ammonium sulphate, were not only more costly than phosphorous, but their effects on production remained unclear; the effectiveness of green manures was restrained by climate, and their limited yields; animal manure was only able to fertilize a small fraction of the land, usually the most productive fields, as we shall come to see¹⁰. This chronic lack of nitrogen became a feature of the Portuguese agriculture, decisive in the center and south where this situation dragged on for at least half century. “The nitrogen famine of our lands”, so goes a 1925 saying, which is still repeated in 1961 (Seabra 1925: 5, Alves 1961: 444).

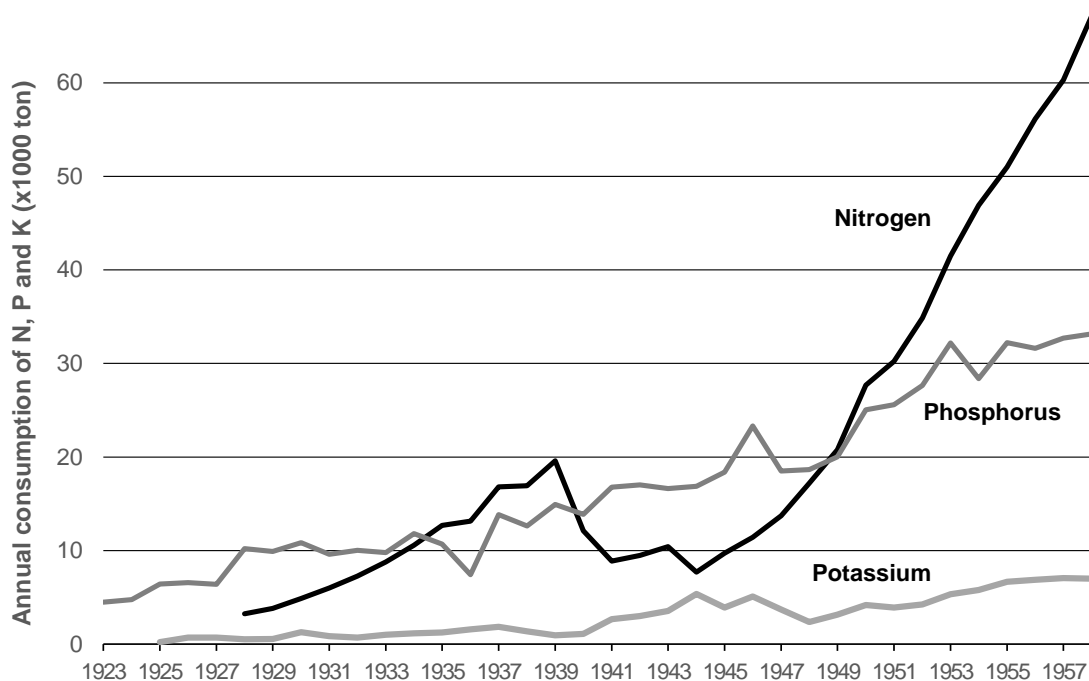


Figure 2: Evolution of the annual consumption of mineral fertilizers in mainland Portugal in the elemental forms of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (P) between 1923 and 1958. Sources: **1923-1936:** Graça 1939. It compiles the domestic production and imports of phosphate fertilizers that we assumed to be equivalent to 12% calcium superphosphate before converting to the elemental quantities of P. The imports of K and N are presented and there is no domestic production. **1928-29:** Graça 1954, Almeida 1960. These two years allowed the overlapping of different sources and validation of data. **1937-57:** CRPQF 1958: 155, 352. It presents the annual consumption of fertilizers in the forms N, K₂O e P₂O₅. **1958:** Almeida 1960.

¹⁰ Fernandes (1899: 175-77) wrote that it is usual “to force the land to more frequent harvests, although less abundant”, either by the “small-time sharecropper”, who “gains two crops of oats or barley by stealing two fallows”, or by the “large-scale plantations” that often takes less intensified rotations, and that the sodium nitrate gives “mediocre and very contingent” results and that ammonium sulphate gives good results in the better lands of “barros” when associated with superphosphate, but not in the galegas lands.

In the mid-1930s the scenario was changing, with nitrogen consumption evolving (Figure 2), increasing fivefold between 1928 and 1939. Finally, there were now nitrogen-phosphate fertilizer formulations that were suitable for the distinct lands of the south, and were increasingly used on the most capital intensive farms¹¹. In 1937 a state subsidy was introduced for the purchase of fertilizers for wheat crops (CRPQF 1958: 143). This growth was abruptly interrupted after 1939 with the beginning of the World War II: strict restrictions on imports, which could not be offset by national production, reduced the use of nitrogen to its early-1930s levels. The levels reached in 1939 would not be repeated until the 1950s, when there was an even greater boom. During the period of rationing, however, the consumption of potassium tripled, and phosphorus increase was reinforced, “because with this, many farmers believed, they could counter the shortage of nitrogen fertilizers” (Ibid. 137-40)¹².

According to the nutrient model for 1951-56, the systemic nitrogen deficiency in soil lasted until the end of the decade, in contrast to the soil accumulation of phosphorous and potassium. The field tests conducted by Almeida Alves during the 1950s with typical fertilizer quantities of the time produced the same pattern: the depletion of nitrogen content in tilled fallow-wheat rotations; and the accumulation of phosphorus and potassium, which revealed excessive fertilization (Alves 1961).

The problem was raised in 1899. The “declining fertility” of phosphate fertilized cleared galega soils “although not as acute as in the case without fertilization, is nonetheless quite pronounced”. This reality “may not have worried the farmers of the region, but that is because they have not hitherto been short of new lands onto which they can extend their crops. It is therefore time to learn how to provide the nitrogen which the older lands are beginning to need” (Fernandes 1899: 176).

And by 1960 the evaluation was done. The use of chemical fertilizers “was one of the practices that had been neglected, having been completely or partially abandoned, or employed unevenly.” Often, the “expensive nitrogenous fertilizers, which Portugal did not manufacture, were excluded, whilst the supplying of nitrogen to crops was left to the humus accumulated by the resting lands and their spontaneous flora; and to the atmosphere”. There was “widespread use of phosphate fertilizers, even on extensively farmed land”, yet its “exclusive use, on lands with low or medium humus content, cannot ensure the sufficient natural restoration of the soil organic stocks” (Melo 1960: 153).

In the northern regions, fertilizers use developed at a slower pace. In the 1930s the use of chemical nitrogen was non-existent and apparently would not take off until the 1950s, after the World War II, whilst phosphates were in limited use compared to the wheat-growing regions of the south. In the 1930s in Alto Barroso nitrogen fertilization was null, and phosphorus

¹¹ The agronomic debate on the suitability of mineral fertilizers for different lands began in the late nineteenth century, resulting in the establishment of successful compound fertilizers for both barros and galegas soils in the 1930s (see Silva 1897, 1924, Fernandes 1899, Galvão 1934, Graça 1939).

¹² In 1925 the first decree appears in Portugal that establishes the bases for the production of nitrogen fertilizers, which only becomes reality in 1952 (Pereira 2005). Between 1939 and 1947 much of the nitrogen fertilization was provided by Chile's Sodium Nitrate (Graça 1954: 4-5).

fertilization in the order of 5 kg P/ha. In the 1970s it was 17 kg N/ha e 18 kg P/ha (Santos 1992: 126-7). To the east of this region, in 1931, the fertilization was restricted to superphosphate that would give to fertilize only 2% of the agricultural surface (Aguar 2011: 109). In 1943 in Beira Baixa, central Portugal, fertilizers are “still rarely used” (Ribeiro 1944: 19).

Chemical fertilization seems to have been delayed because of the greater availability of organic fertilizers deriving from the production of fodder and the vast pastures and scrublands. In the Minho, the rainiest region of the country in the northwest corner, we discovered the first Agricultural and Forestry Survey that declares the abundance of manure (Lobo et al. 1950).

F. The defeat of organic technology

From the end of the nineteenth century there was a shortage of fertilizing biomass, which became gradually worse due to the combined effect of the expanding cropland, and the decreasing pastureland and shrubland. The national shortage of animal manure was estimated at 8 million tonnes in 1912, and at 25 million tonnes in 1955 (Ramalho 1955, Caldas 1958). This evolution is clear in the Agricultural and Forestry Survey of the 1950s, which describes the “sources of organic matter” in the municipality in question: manures, waste, green manures, scrub and other. A north-south gradient can be observed, along which the shortage of manure and woody biomass increases, as well as local gradients between rugged relief areas left without grains growing on them, and flatter terrains from which the moor and natural pastures have disappeared. Some municipalities import straw and scrub from neighbouring areas to produce manure¹³.

This does not mean that the production of organic fertilizers decreased. Between 1870 and 1955, livestock numbers counted in livestock units - the best indicator of manure production - are growing (see Table 2). This was one of the hopes of the Campanha do Trigo: a 1943 poster from the Ministry of Economy outlines multiple ways to increase the quantity and quality of manure (Figure 3).

In the period 1951-56 the national quantity of manure reached some 13 million tonnes. Although much less significant, marine and urban manures made a small contribution of 6 to 10% in the same period (Carmo 2017). Marine biomass, an important fertilizer in the coastal zones to the north of Mondego, appears to be in decline in the 1950s (Pereira 1996, Ribeiro 1963, 2014, Rezende 1944). Increasingly, rubbish from the cities and towns is channelled to farmed areas by a flourishing market for biomass, especially in Lisbon where river transport serves the areas south of the Tagus. In other cities, such as Braga, Évora and Bragança, rubbish and sewage were collected and composted together in municipal dung heaps, or “nitreiras” (from “nitro”, meaning saltpeter or potassium nitrate) for the production of organic

¹³ “The bush area has been reduced and converted into cereal land and the brooms are intended for firewood. Cereal straw is all used in manure production, except for the few consumed by livestock, and about 15 to 20% is imported from neighboring municipalities” (Poço et al. 1956: 39-40).

fertilizers, in what appears to be the first attempt at large-scale for recycling nutrients, though it was later discontinued¹⁴.

Table 2: Evolution of livestock numbers between 1870 and 1955.

(head)	1870	1925	1934	1940	1955
Horses	80.000	80.078	86.126	80.675	68.175
Mules or hinnies	51.000	88.410	119.932	121.259	126.286
Asses	138.000	236.300	268.434	239.798	232.497
Cattle	520.000	767.904	777.503	831.674	903.862
Sheep	2.707.000	3.683.828	3.223.685	3.889.875	3.592.912
Goats	937.000	1.557.743	1.256.881	1.196.232	707.107
Pigs	777.000	1.117.354	1.138.648	1.176.888	1.418.615
Total	5.210.000	7.531.617	6.871.209	7.536.401	7.049.454
Livestock units	1.245.523	1.810.387	1.809.764	1.910.102	1.960.136

Sources: **1870:** INE 1968. **1925, 1934, 1940 e 1955:** INE 1959. Note: One livestock unit is equivalent to one horse, cow or mule, two asses, eleven sheep or goats, and four pigs.

Rather than the replacement of organic with chemical fertilizers, it is the improvement of both to meet the growing need for nutrients that is noticeable from the nineteenth century on. Both indispensable, these sources, or technologies developed in parallel. In the background there is a scientific debate that, while confident of mineral fertilization as the ultimate solution for maintaining soil fertility, seldom neglected the benefits of organic fertilizers. Rebelo da Silva (1924), the agronomist on the frontline of chemical fertilizer research, production and promotion in Portugal since the 1880s, showed that it was not possible (economically speaking) to maintain soil fertility in the most deprived soils of the south with only nitrogen-phosphate fertilization, without restoring organic nitrogen to the soil. Even those more in favour of organic technologies were admitting the possibility that they might soon disappear, underlining nonetheless their future importance to “the study of permanent fertility” (Melo 1939: 78).

In 1968, with access to mineral fertilizers now widespread, Feio expressed the tension between the two technologies using the results of a field test to compare the effects of manure and chemical fertilization over a period of 25 years (1930-55). The benefits of manure in the tilled fallow-wheat-oat rotation were clear from the eighth year and up until the end of the trial (resulting in approximately an extra 400 kg/ha of grain), and 10 years later more vigorous vegetation could still be seen in the plots that had been manured. However, Feio eventually concluded that, given the high cost of manure and how difficult that made it to obtain it for all fields, the practice is essentially “pointless” for farmers (Feio 1968: 12).

¹⁴ See Agricultural and Forestry Surveys of Montijo (1952), Alcochete (1952), Moita (1951), Barreiro (1951) and Setúbal (1951), where local waste plus the waste coming from Lisbon accounts for between 50% and 95% of the organic matter supplied to cropland. As early as 1913 the Agricultural Union of Moita publishes a leaflet denouncing the “monopoly of the garbage” from Lisbon, the main source of agricultural nutrients (SAM 1913). See also the Surveys of Braga (1951), Évora (1952) and Bragança (1952).

The 1950s are a turning point for organic and mineral fertilizers. In 1949-50 Portugal is among the European countries with the largest proportion of fertilization with manure, however, “the scarcity in our lands of organic material, especially in the centre and south is alarming” (Graça 1954: 13). By the start of the decade, only 30% of total phosphorous supplied to soil is organic, owing to widespread use of superphosphates, but nitrogen still comes mostly from organic sources (about 64%). By the end of the decade, the nitrogen supplied to the soil is mostly mineral in origin (Carmo 2017).

The agrosilvopastoral system sustained soil fertility through the transfer of nutrients between different kinds of land usage, but it was progressively weakened by the expansion of the farmed area onto permanent pasture- and shrublands, and onto the temporary pastures of the fallows. It is not easy, however, to establish whether it was agricultural expansion itself or the spreading of mineral fertilizers that was the original cause of this change. On the one hand, chemical fertilizers ruptured the interdependent systems of soil use and management, allowing the disconnected expansion of agriculture and cattle-rearing, on the other, the vulgarization of these fertilizers was related to the inability of organic technologies to meet the demands of ongoing agricultural expansion. In some cases, such as in the Aveiro region, the increase in chemical fertilizer usage was directly associated with a dramatic decline in the estuary's marine biomass (widely used as a fertilizer since the eighteenth century), which was caused by currents becoming stronger after construction work on the estuary mouth in 1936 (Rezende 1944, Alves 1940). Or in Trás-os-Montes where chemical fertilizers were not used at all until the 1930s, when the imbalance between the pastured and farmed areas became critical. In other cases, such as in the grain-growing south, the (state- and industry-motivated) coincidence of rising wheat price to the producer with falling superphosphates costs had the opposite effect, with chemical fertilizers enabling agricultural expansion onto moorland and fallow, reducing the possibilities of maintain soil fertility organically (Reis 1979, Santos and Roxo 2013).

Nevertheless, the decoupling of agriculture, livestock farming and forestry, already underway in the 1950s and today fully-blown, would not have been possible without chemical fertilizers.

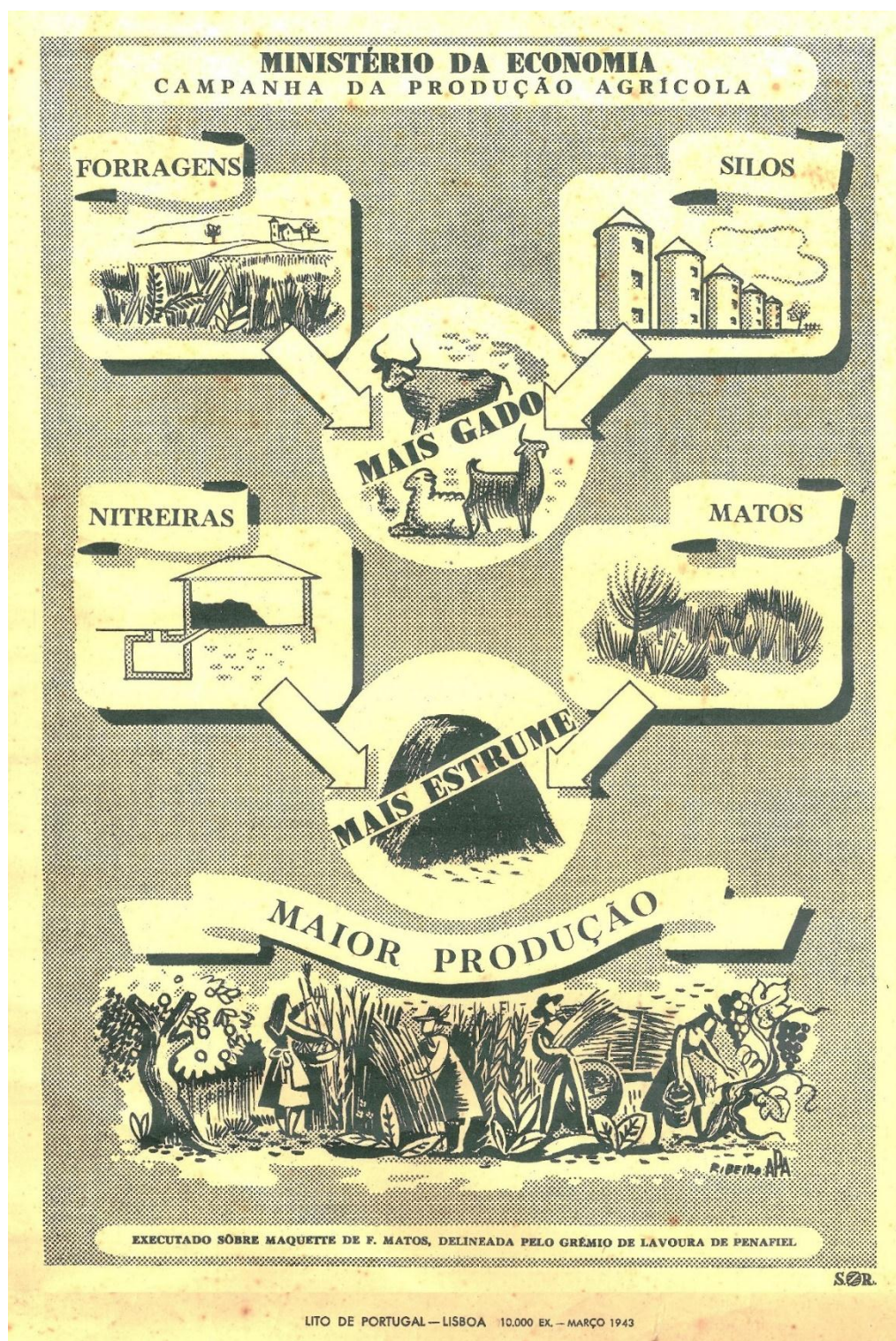


Figure 3: Poster of the Agricultural Production Campaign (March 1943, 10 thousand copies).
Source: Personal archive of the authors (M. Carmo).

G. The evolution of wheat yields, late nineteenth century-1960

The agricultural statistics allowed us to build a year-by-year series for wheat yields between 1915 and 1961, which shows strong inter-annual variability without any significant trends (see Figure 4). The linear regression of the data gives an increase of about 110 kg/ha over 47 years with no significance, whilst the five-year averages show an increase of about 400 kg/ha between 1915 and 1934, followed by an identical reduction until 1948. There is then a further increase (of around 200 kg/ha) with apparent stabilization around the 800 kg/ha yield, which is slightly higher than the average at 47 years (= 752 kg/ha).

In 1961 Sardinha de Oliveira published a study of wheat productivity during the Campanha do Trigo, in which he showed that the oscillating interannual yields were the result of variations in precipitation and temperature between the first sowings in autumn; and the following spring. “There can be no doubt that this variation” in the average, five-year yields “corresponds very much to the vagaries of the meteorological conditions”. Comparisons to “meteorologically similar years” do not show increases in productivity (Oliveira 1961: 9). According to the Alentejo farmer and agronomist, the stability of wheat production can be best understood as the result of a combination of conflicting factors: whilst “improved fertilization, precocious wheat varieties, and plant defence” were adopted, “the naturally fertile conditions were depleted” (Ibid.: 28).

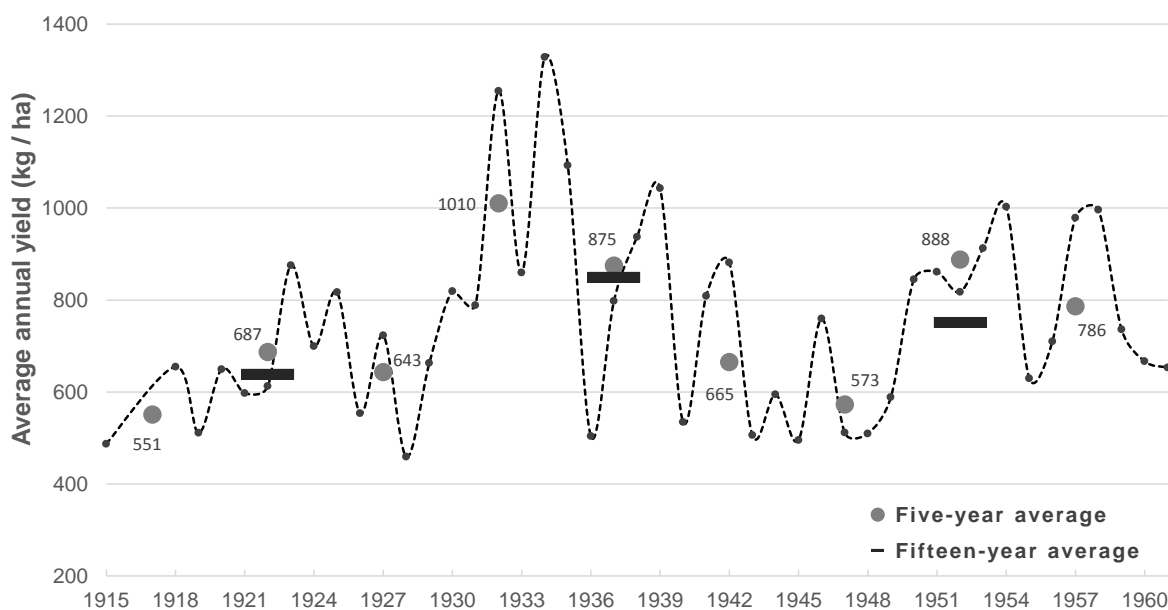


Figure 4: Average annual wheat yield in Portugal between 1915 and 1961 with five-year and fifteen-year averages. Sources: **1915-1961:** INE 1965. The Estatísticas provide the wheat annual production and sowing area, from whose ratio we obtain the average yield. 1915 is the first year with data for national production and area (only 1916 and 1917 are missing).

This argument made the rounds in agronomy from at least the first half of the 1940s, which was, not by chance, a period of steadily declining productivity (Galvão 1943a, Sampaio 1944, Coelho 1946). Almeida Alves proposed (also in 1961) to extend the period of wheat stability from the end of the nineteenth century to the middle of the twentieth century, adding that expansion onto “less suitable lands” had also contributed to the stabilising of the national average yields (Alves 1961: 21-24). Later, referring to the two decades preceding 1915, Reis found constant results in wheat production in the Alentejo (to the order of 600 kg/ha) that left him “perplexed”, given the diffusion of phosphate fertilizers. In explanation, he focuses on the statistical effect introduced by Alves: “superior results in all different types of soil” were cancelled out by “an increasing percentage of low quality soils in the total farmed area” (Reis 1979: 783-5). Feio also verified a long period of stability in wheat production, by comparing Pery's data collected in Alentejo municipalities in the latter two decades of the nineteenth century, with the average values for 1949-53 from the same municipalities. Like Reis, he puts aside the negative evolution of soil fertility and explains the phenomenon purely on the basis of the statistical effect (Feio 1998: 60-65).

The remarkable stability of wheat yields (oscillating and rising some 150 kg/ha over 60 years of substantive transformation) must be explained, as the agronomy of the day did, by the combination of gradually depleting soil fertility; and the expansion of crops onto less fertile land. These two effects countered the many improvements that were made to cropping techniques, particularly the use of phosphate fertilization and, a few decades later, of nitrogen-phosphate fertilization. “After the golden age of the Campanha”, referring to the 1932-35 years of great yields (Figure 4), “the lands again cleared rapidly lost fertility and there was even a decline in other, better lands as a consequence of the reduction of the fallow and of more intense farming, all contributing to lower yields or at least to counteract the benefits that had been brought about by useful innovations” (Oliveira 1961: 28). If we ignore the declining soil fertility, it is hard to explain why productivity stagnated between 1930 and 1960, a period when there was not much low-quality land added in the total cultivated area, and with the consumption of fertilizers keep rising (notwithstanding the decline in nitrogenous fertilizers from 1939-47).

Back in 1899, in addition to the positive results Fernandes obtained both with phosphate fertilization on cleared “new” lands and by intensifying rotations on his best galegas lands (where he still kept 7 fields of fallow under a 16-year rotation), he had already shown that the generalized rotations of the Baixo Alentejo had intensified “due to the precarious economic conditions of agriculture”, under the “small-time sharecroppers” as much as on “the large-scale plantations”, and resulting “as a general rule” in reduced yields, despite the use of phosphate fertilizers (Fernandes 1899).

H. Conclusions

Just before the last quarter of the nineteenth century began, half of the country was uncultivated, covered with shrubland and extensive pastures, which were cyclically burnt and

cleared for two or three years of crops, at the end of which the animals returned and later the bushes. It was still the shifting cultivation of previous centuries, which remained, for instance, in the mountains of the eastern Algarve until the first half of the twentieth century (Cavaco 1976: 72-83). Agricultural expansion began at some point in the last half of the nineteenth century and did not stop until the late 1950s, where the area under cultivation reached a record high: arable crops covered the country from north to south. This movement was articulated with other transformations, producing an overall increase in soil erosion and depletion, which can be systematized as follows:

- 1) Ploughed land without vegetation is more susceptible to erosion, especially when on sloping ground, so the expansion of arable crops up the slopes led to an increase in surface soil transport;

- 2) Agricultural expansion into the grazing and gathering areas, and into the gradually reduced fallow, weakened the transport of nutrients from pastures to croplands;

- 3) The beginning of chemical fertilization in the late 19th century with phosphorus only, reinforced the previous imbalances as it made economically viable cultivation on the sloping poor lands while at the same time enhancing the lack of nitrogen sources;

- 4) Cropping systems were from the late nineteenth century under pressure due to a systemic nitrogen deficiency that governed the general trends of expansion and intensification;

- 5) Chemical fertilizers did not appear as substitutes for organic ones, but rather to overcome their shortage in the face of expanding agriculture. Nonetheless, chemical fertilization enabled (or encouraged) the decoupling of the agrosilvopastoral system;

- 6) Agricultural expansion, fallow reduction, insufficient manure, and disparate supply of chemical phosphorus and nitrogen resulted in increasing pressure on soil organic matter, as suggested in the studies of Almeida Alves (1961), Ário de Azevedo (1973), and Carminda Cavaco (1976) in the south; and Lima Santos in the north (1992).

- 7) Wheat unit yields were virtually constant over the period under study despite the large increase in phosphate fertilizers and, from 1945 on, nitrogen fertilizers as a result of the degradation of soil fertility.

Portugal sidestepped the agricultural revolution by which fallows would have been replaced with fodder crops (nitrogen fixers and manure boosters), instead heading straight into the chemical fertilizer revolution, once the expansion into new lands became impossible and soil depletion evident. But this did not happen overnight. With the gradual progress of biophysical limitations unfolded as space, nutrients and soil shortages, organic and chemical technologies competed to provide a solution until, in the 1950s, a clear winner began to emerge. The long permanence of fallow was the result of a long transition from organic to chemical technologies.

The expansion of the agricultural frontier over the wastelands was in this sense supported by the pair soil organic nitrogen and superphosphates. The different dynamics of phosphorus

and nitrogen and their historical, sometimes conflicting interaction pointing to different directions were important factors in the transformation of the Portuguese countryside. That transformation was biophysical, agricultural and, of course, social.

Some, but not all of the blame can be placed on the *Campanha do Trigo*. It was a period during which ongoing processes, also occurring in non-wheat regions, were exacerbated and became widespread: the expansion of the cultivated area and the intensification of rotations accentuated soil erosion, and made organic fertilization progressively less effective, only partially offset by chemical fertilizers. The “erosion walks[ed] side by side with the thirst of the earth” (Oliveira 1961: 28). It was also a period in which the multiplication of technical and scientific discourses on soil may have magnified the historical connection between *degradation* and the *Campanha*, overstating its responsibility. We cannot forget that our archive of transformation was itself evolving.

Finally, the varying surface of the agricultural space does not call for the extension of the *social* and *political* categories of agricultural history. But when considering soil dynamics, the *varying depths* of the agricultural space, it becomes mandatory to include relational dimensions that have been devalued or simply misunderstood. Thus land ceases to represent an opaque and two-dimensional scenery crossed by farmers, tractors and markets, gaining new complexities and unexpected protagonism.

These conceptual changes are precious when dealing with the deterioration of current agroecosystems, and with a territory under a multifaceted crisis. The importance of this period and processes for the subsequent large-scale rural exodus in the 1960s and ever since unstoppable; and for the growing vulnerability of the Portuguese territory to wildfires from 1980 onwards remains to be studied: what is the relationship between soil, exodus and fire?

REFERENCES

- Aguiar, C., and J. C. Azevedo (2011) “A floresta e a restituição da fertilidade do solo nos sistemas de agricultura orgânicos tradicionais do NE de Portugal no início do séc. XX,” in J. P. Tereso (ed.) *Florestas do Norte de Portugal: História, Ecologia e Desafios de Gestão*. Porto: InBio.
- Almeida, L. A. Valente (1960) “Evolution de la consommation des engrais au Portugal.” *Revista Agronómica* XLIII.
- Alves, A. S., and A. B. Peres (1951) *Inquérito Agrícola e Florestal*. Concelho de Boticas (Volume 236). Plano de Fomento Agrário.
- Alves, J. Almeida (1940) “O problema do moliço.” *Agros*.
- Alves, J. Almeida (1961) “O problema da manutenção da fertilidade na agricultura do sul. Notas para o seu estudo.” *Melhoramento* 14: 9-456.
- Azevedo, A. L. (1973) “Evolução do teor em matéria orgânica de solos sujeitos a diferentes tratamentos.” *Anais do Instituto Superior de Agronomia* XXXIV.
- Baptista, F. Oliveira (1980) “Economia do latifúndio - o caso português,” in A. Barros (ed.) *A Agricultura Latifundiária na Península Ibérica*. Oeiras: IGC.
- Baptista, F. Oliveira (1993) *A Política Agrária do Estado Novo*. Porto: Afrontamento.

- Baptista, F. Oliveira (2010) *O Espaço Rural: Declínio da Agricultura*. Lisboa: Celta.
- Barros, H., and M. Cascais (1956a) *A Cultura Arvensa no Concelho de Beja: Monografia Técnico-Económica*. Lisboa: FNPT.
- Barros, H., and M. Cascais (1956b) *A Cultura Arvensa no Concelho de Serpa: Monografia Técnico-Económica*. Lisboa: FNPT.
- Barros, H., and M. Cascais (1960) "A cultura arvensa no concelho de Évora: Estudo comparativo da pequena, média e grande exploração." *Revista Agronómica* XLIV-I.
- Barros, H., and M. Cascais (1964) *A Cultura Arvensa no Concelho de Fronteira*. Lisboa: FNPT.
- Beinart, W. (2003) *The Rise of Conservation in South Africa: Settlers, Livestock, and the Environment 1770-1950*. Oxford University Press.
- Beinart, W. (2018) "Selected Articles," www.africanstudies.ox.ac.uk/william-beinart (accessed September 19).
- Cabral, A. (1988 [1951]) "O problema da erosão do solo. Contribuição para o seu estudo na região de Cuba (Alentejo)," in *Estudos Agrários de Amílcar Cabral*. Lisboa: IICT, Bissau: INEP.
- Cabral, M. Villaverde (1974) *Materiais para a História da Questão Agrária em Portugal - Séc. XIX e XX*. Porto: Inova.
- Caldas, E. Castro (1958) *Relatório Final Preparatório do II Plano de Fomento - 2) Agricultura, Silvicultura e Pecuária*. Lisboa: Imprensa Nacional.
- Câmara, A. S., and L. Mercês Melo (1936) "Ensaio de intensificação cultural do trigo." *Revista Agronómica* 24.
- Câmara, A. S. (1951) "A terra a saque," in *Memórias - Tomo VI*. Lisboa: Academia das Ciências de Lisboa.
- Carmo, Miguel, Roberto García-Ruiz, M. Isabel Ferreira, and Tiago Domingos (2017) "The N-P-K soil nutrient balance of Portuguese cropland in the 1950s: The transition from organic to chemical fertilization." *Scientific reports* 7 (1): 8111.
- Carvalho, J. Vasco (1893) "O pousio em face da agronomia." *Inaugural diss., Instituto de Agronomia e Veterinária*, Lisboa.
- Cavaco, Carminda (1976) *O Algarve Oriental: as Vilas, o Campo e o Mar*. Faro: Gabinete de Planeamento da Região do Algarve.
- Cerdan, O., G. Govers, Y. Le Bissonnais, K. Van Oost, J. Poesen, N. Saby, A. Gobin, A. Vacca, J. Quinton, K. Auerswald, A. Klik, F. Kwaad, D. Raclot, I. Ionita, J. Rejman, S. Rousseva, T. Muxart, M. J. Roxo, and T. Dostal (2010) "Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: a study based on erosion plot data." *Geomorphology* 122: 167-77.
- Chakrabarty, D. (2009) "The climate of history: Four theses." *Critical inquiry* 35 (2): 197-222.
- Coelho, Afonso (1952) *E Tudo a Água Levou. A Erosão, Problema Nacional (16mm, 28')*. Directed by A. Coelho. Lisboa: Direcção Geral dos Serviços Agrícolas.
- Coelho, Armando. P. (1946) "O problema do trigo." *Revista do Centro de Estudos Económicos* 3.
- Costa, A., M. Madeira, J. Lima Santos, and A. Oliveira (2011) "Change and dynamics in Mediterranean evergreen oak woodlands landscapes of Southwestern Iberian Peninsula." *Landscape and Urban Planning* 102 (3): 164-76.
- CRPQF (1958) *Aducos e Outros Produtos Químicos Usados na Agricultura*. Lisboa: Comissão Reguladora dos Produtos Químicos e Farmacêuticos.
- Cruz, A. F., J. F. Júnior, and D. P. Machado (1951) *Inquérito Agrícola e Florestal. Concelho de Cuba (Volume 26). Plano de Fomento Agrário*.
- Feio, Mariano (1968) "O que a Lavoura precisa conhecer." *Revista Agronómica* LI.

- Feio, Mariano (1998) *A Evolução da Agricultura do Alentejo Meridional. As Cartas Agrícolas de G. Pery*. Lisboa: Colibri.
- Fernandes, M. E. O. (1899) "A cultura do trigo pelos adubos químicos no Baixo Alentejo." *Boletim da RACAP* 1.
- Ferreira, D. Brum (2001) "Evolução da paisagem de montado no Alentejo interior ao longo do século XX: dinâmica e incidências ambientais." *Finisterra* 36 (72): 179-93.
- Galvão, J. M. (1934) "Adubação racional das terras galegas e o azoto nítrico na sementeira." *Gazeta das Aldeias* 1813.
- Galvão, J. M. (1943a) *A Matéria Orgânica nas Regiões Cálido-Áridas e Defesa da Fertilidade da Terra*. Beja.
- Galvão, J. M. (1943b) *Alqueives Nús ou cultivados? Sua Função e Necessidade no Baixo Alentejo*. Beja.
- Gomes, M. A., H. Barros, and E. C. Caldas (1944) "Traços principais da evolução da agricultura portuguesa entre as duas guerras mundiais." *Revista do Centro de Estudos Económicos* 1.
- Graça, L. Quartin (1939) *Os Adubos Em Portugal: Notas Sobre o Seu Fabrico, Comércio e Consumo*. Famalicão: Minerva.
- Graça, L. Quartin (1954) "Evolução do consumo de fertilizantes: necessidades do país." *Bol. Ord. Eng* 3.
- INE (1959) *Gado e Animais de Capoeira. Arrolamento Geral Efectuado em 15 de Dezembro de 1955 no Continente e Ilhas Adjacentes*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.
- INE (1965) *Estatísticas Agrícolas 1965*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.
- INE (1968) *Estatísticas Agrícolas 1968*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.
- Lains, Pedro, and P. S. Sousa (1998) "Estatística e produção agrícola em Portugal, 1848–1914." *Análise Social* 33 (149): 935-68.
- Lobo, J. P., A. S. Alves, and V. B. Rio (1950) *Inquérito Agrícola e Florestal. Concelho de Monção (Volume 228). Plano de Fomento Agrário*.
- Malato-Beliz, J. (1953) *Estudo Florístico e Geobotânico dos Pousios. Ensaio de Método do Quadrado nas Areias Graníticas de Castelo de Vide. Elvas*.
- Melo, L. Mercês (1939) "Aspectos da questão da matéria orgânica dos solos agrícolas." *Palestras Agronómicas* I.
- Melo, L. Mercês (1960) *Defesa e Correição do Solo no Plano de Fomento. Secretaria de Estado da Agricultura*.
- Neves, J. (2011) "Entrevista a Manuel Villaverde Cabral." *Análise Social* 46 (200): 522-37.
- Oliveira, A. J. S. (1961) "O tempo e a produção unitária do trigo." *Lavoura Portuguesa* LI.
- Pereira, B. (1996) "Fertilizantes naturais," in J. P. Brito (ed.) *O Voo do Arado*. Lisboa: Museu Nacional de Etnologia.
- Pereira, J. M. (2005) *Para a História da Indústria em Portugal, 1941-1965. Adubos Azotados e Siderurgia*. Lisboa: Imprensa de Ciências Sociais.
- Pereira, J. V., and F. P. Santos (1951) *Inquérito Agrícola e Florestal. Concelho de Ferreira do Alentejo (Volume 27). Plano de Fomento Agrário*.
- Pery, G. Augusto (1875) *Geografia e Estatística Geral de Portugal e Colónias*. Lisboa: Imprensa Nacional.
- Pery, G. Augusto (1884) *Estatística Agrícola do Distrito de Beja. Concelho de Cuba*. Lisboa: Imprensa Nacional.
- Pires, D. Victória (1936) "Algumas indicações para a obtenção de forragens no Alentejo." *Revista Agronómica* 24.

- Poço, A. S., and J. C. Quita (1956) Inquérito Agrícola e Florestal. Concelho de Carrazeda de Ansiães (Volume 49). Plano de Fomento Agrário.
- Radich, Maria C. (1996) *Agronomia no Portugal Oitocentista: Uma Discreta Desordem*. Oeiras: Celta.
- Radich, Maria C. (2000) "A floresta no Portugal oitocentista," in M. C. Radich and A. M. Alves (eds.) *Dois Séculos da Floresta em Portugal*. Lisboa: CELPA.
- Radich, Maria C. (2001) "Gados e territórios. Portugal (1871-1873)," in M. Barreira and R. Jorge (eds.) *Agricultura, Economia e Sociedade. Ensaio em Homenagem ao Prof. Fernando Estácio*. Lisboa: ISA University Press.
- Ramalho, A. M. (1955) "A terra e as suas fraquezas: divagações a propósito de um simpósio sobre fertilizantes." *Bol. Ord. Eng* 4.
- Reis, J. (1979) "A «Lei da Fome»: as origens do proteccionismo cerealífero (1889-1914)." *Análise Social* 15 (60): 745-793.
- Reis, J. (1982) "Preface," in Matos, A. C., M. A. Martins, and M. L. Bettencourt Senhores da Terra: *Diário de um Agricultor Alentejano (1832-1889)*. Lisboa: INCM.
- Reis, J. (1984) "O atraso económico português em perspectiva histórica (1860-1913)." *Análise Social* 20 (80): 7-28.
- Rezende, J. V. (1944) *Monografia da Gafanha*. Coimbra: Instituto para a Alta Cultura.
- Ribeiro, O. (1944) *A Cultura do Trigo no Sueste da Beira*. Boletim da FNPT.
- Ribeiro, O. (1963) *Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico*. Lisboa: Sá da Costa.
- Ribeiro, O. (2014) "Transportes tradicionais," in *Opúsculos Geográficos - Tomo II*. Lisboa: FC Gulbenkian.
- Ribeiro, O. (2014 [1941]) "Complexidade da Vida Rural," in *Opúsculos Geográficos - Tomo II*. Lisboa: FC Gulbenkian.
- Russo, C. S., H. M. Tavares, and M. A. Ferreira (1950) Inquérito Agrícola e Florestal. Concelho de Mértola (Volume 28). Plano de Fomento Agrário.
- SAM (1913) *O Monopólio dos Lixos e a Lavoura*. Sindicato Agrícola da Moita.
- Sampaio, J. André (1944) *O Arrendamento e a Parceria. Causas do Depauperamento das Terras Alentejanas*. Beja.
- Sampaio, J. André (1965) *Problemas da Matéria Orgânica na Agricultura Alentejana*. Beja: Federação dos Grémios da Lavoura do Baixo Alentejo.
- Santos, R., and M. J. Roxo (2013) "A tale of two tragedies. The commons of Serra de Mértola in the Alentejo (southern Portugal) and their privatization, eighteenth to twentieth century," in B. Bavel and E. Thoen (eds.), *Rural Societies and Environments at Risk: Ecology, Property rights and Social Organisation in Fragile Areas*. Brepols Publishers: 115-46.
- Santos, J. Lima (1992) *Mercado, Economia e Ecossistemas no Alto Barroso: um Estudo de Sistemas de Aproveitamento de Recursos Naturais*. Câmara Municipal de Montalegre.
- Santos, J. Lima (1996) "Expansão e declínio dos bovinos barrosões," in J. Pais Brito (ed.) *O Voo do Arado*. Lisboa: Museu Nacional de Etnologia: 359-70.
- Santos, J. Quelhas (2013) "A descoberta dos adubos minerais e a sua divulgação em Portugal." *Revista de Ciências Agrárias* 36.
- Seabra, Amado (1925) "A fome do azoto e o sulfato de amónio: a intensificação da produção agrícola pelos adubos químicos." *Folha Agrícola do Século* 44.
- Silva, L. A. Rebelo (1897) *Os Adubos Chimicos e a Produção Cerealífera*. Lisboa: Administração do Portugal Agrícola.
- Silva, L. A. Rebelo (1924) *O Solo Arável e a Intensificação da Cultura do Trigo no País*. Lisboa.
- Valente, V. C., J. V. Raimundo, and R. P. Durão (1950) Inquérito Agrícola e Florestal. Concelho de Odemira (Volume 30). Plano de Fomento Agrário.

Worster, Donald (1990) "Transformations of the earth: toward an agroecological perspective in history." *The Journal of American History* 76 (4): 1087-106.

PARTE II

The N-P-K soil nutrient balance of Portuguese cropland in the 1950s: The transition from organic to chemical fertilization.^a

Miguel Carmo^{b,d}, Roberto García-Ruiz^c, Maria Isabel Ferreira^b, and Tiago Domingos^d

ABSTRACT

Agricultural nutrient balances have been receiving increasing attention in both historical and nutrient management research. The main objectives of this study were to further develop balance methodologies and to carry out a comprehensive assessment of the functioning and nutrient cycling of 1950s agroecosystems in Portugal. Additionally, the main implications for the history of agriculture in Portugal were discussed from the standpoint of soil fertility. We used a mass balance approach that comprises virtually all nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) inputs and outputs from cropland topsoil for average conditions in the period 1951-56. We found a consistent deficit in N, both for nationwide ($-2.1 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$) and arable crops ($-1.6 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$) estimates, that was rectified in the turn to the 1960 decade. P and K were, in contrast, accumulating in the soil ($4.2\text{-}4.6 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$ and $1.0\text{-}3.0 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$, respectively). We observed that the 1950s is the very moment of inflection from an agriculture fertilized predominantly through reused N in biomass (livestock excretions plus marine, plant and human waste sources) to one where chemical fertilizers prevailed. It is suggested that N deficiency played an important role in this transition.

^a Carmo, M., García-Ruiz, R., Ferreira, M. I., & Domingos, T. The NPK soil nutrient balance of Portuguese cropland in the 1950s: The transition from organic to chemical fertilization. *Scientific Reports*, 7, 8111 (2017). Authors contribution: MC, RG, IF and TD initiated and designed the research, MC gathered the data, built the model and wrote the manuscript with contributions from RG, TD and IF. All authors reviewed the manuscript. (www.nature.com/articles/s41598-017-08118-3#Bib1)

^b Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food (LEAF), Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.

^c CEAOAO & CEACTierra, Department of Animal Biology, Vegetal Biology and Ecology, Universidad de Jaén.

^d MARETEC, Environment and Energy, Department of Mechanical Engineering, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.

INTRODUCTION

The stability of cultivation and the persistent growth and specialization of agricultural production in Europe during the modern times and until the late 19th century depended, after centuries of continuous cropping, on the adequate replenishment of soil nutrients¹⁻⁴. The subsequent transition from that millennial solar based agriculture towards an industrial one, fueled by synthetic fertilizer and motor machinery can only be firmly understood, as in the case of previous transformations, through a careful analysis of soil nutrient cycling. Nitrogen's global history by Smil⁵ is particularly meaningful in this regard as the evolution of yields and agroecosystem configuration are discussed from the standpoint of biophysical and agricultural limitations to N recycling. The adoption of a perspective from agronomy, without denying the importance of many other perspectives on agricultural transformation, as stressed by Overton⁶, introduces new relations that were largely omitted by historical studies on Portuguese agriculture. Furthermore, the combination of quantitative tools for nutrient cycling assessment with the analysis of farming systems transformation has been advocated as a fruitful way to open up the range of historical review and thinking¹¹³.

«The legumes and especially the lupin, which is the richest, are true nitrogen factories that are available to everyone and do not require workers or machinery, or the need to ensure against strikes»⁷. In this passage, written in the 1920s, in which Portugal moved from the brief First Republic to the fascist-type regime, *Estado Novo*, legumes were in the author's opinion a better way to provide nitrogen to the soil in comparison to that of a less controllable industrial production. The debate over crops' nutrients supply went through the entire Portuguese 20th century gaining and losing its relevance in face of major rural and agricultural transformations. Since the late 19th century Portuguese agronomists began to measure nutrient inputs due to manure, legumes, and other biomass paths, including the novel chemical fertilizers, and soon they started measuring as well farm outputs, harvests and straw, from which the intensity of fertilization should be defined⁸. Fifty years later, a nitrogen, phosphorus, and potassium (N-P-K) balance of Portugal arable crops was proposed for the agricultural year of 1952/53⁹ that, besides providing data to our study period from a simple but coeval model, left a challenge for future researchers: «It is materially impossible to make such a 'balance' – rigorous and nationwide - without the precise knowledge of the nature, quantities, and composition of all products born and taken from the fertilized ground, including therefore the so called crops, but also the weeded and cut off plants.»

In the last three decades, nutrient balances in a historical perspective have gained momentum as a way of reaching sounder conclusions on agroecosystems' history and functioning. They combine past information on weather and soil, cropping pattern and yields, main management practices, among other data, with current predictive models of nutrient cycling in soil. Yet, most applied models lack one or more important processes, e.g., N leaching or soil weathering, and most efforts have concentrated on the N balance, disregarding the importance of P and K¹⁰. More recently, N-P-K analysis became the basis of several historical

nutrient balances studies embracing most input and output processes. These have been applied at spatial scales from villages or parishes¹⁰⁻¹² to countries¹³ or even to the globe¹⁴. In general, the agroecosystem is analyzed as a whole, comprising all land uses in a given region, but some studies have focused on just one crop¹⁵ or crop rotation¹⁶.

Each of the nutrients considered has its own natural and industrial history, as well as specific soil geochemistry. N has a long modern history^{5,17} and is still a significant topic^{14,18,19}. The attention devoted to P nowadays results largely from its restricted global reserves and because it keeps offering key missing links in agricultural history²⁰⁻²². K became a «forgotten nutrient»²³ and is considered not as important as N and P, even though it plays a major role in plants physiology²⁴. K reserves appear to be sufficient for hundreds of years but the profitability on marginal soils will depend increasingly on its efficient use²⁵.

In this study, we examine the soil fertility of Portugal's cropland in the 1951-56 period using a nutrient balance approach that seeks to cover all the N-P-K inputs and outputs from the topsoil. The 1951-56 years are very rich in agricultural data and place the analysis at the beginning of the broad agrarian transformation of the 1950s and 1960s in Portugal²⁶⁻²⁸. During the 1950s, Portugal achieved the largest cropland area ever (more than 5.6 million ha, 64% of the country area), which had been increasing since the end of the 19th century from about 3 million ha. The retreat started in the turn to the 1960s and continued until today^{27,29}. This same pattern was observed in the wheat area³⁰.

The main purposes of this study were to (1) develop a full nutrient balance model, (2) present a comprehensive assessment of the functioning and nutrient cycling of past agroecosystems, and (3) discuss the main implications for the history of agriculture and technology in Portugal. We first present the study area and the N-P-K mass balance model, including primary data and methods. The results and discussion are organized in three main parts: (1) the nationwide level, which accounts for all cropland uses, the disaggregated balances for (2) the arable crops and (3) the wheat crops, followed by an overall analysis of N-P-K results in these three levels. We include also a sensitivity analysis of results.

MATERIALS AND METHODS

N-P-K balance model

Our work is a development of the nutrient balance methodologies established in the Agro-Ecosystems History Laboratory (Seville, Spain)^{10,31,32}. The calculations follow a mass balance approach to the N-P-K flows of cropland topsoil, for average conditions in the period 1951-56, comprising arable crops, vegetables and woody crops (ca. 5.6 million ha) (Figure 1). Uncultivated land such as permanent grassland was excluded. Topsoil was defined as the 30 cm upper layer of the soil, which covers most of the root activity and establishes an analytical frontier that allows a consistent modelling of soil weathering and nutrient uplift by trees. The results are amounts (kg N-P-K.yr⁻¹) or surface rates (kg N-P-K.ha⁻¹.yr⁻¹) representing a depletion

(negative) or accumulation (positive) of N-P-K in soil for a given year. See equation (1). The overall quality of the model depends on the identification of all flows and on their modeling with reliable knowledge and data. Efforts were made to include the flows associated to trees, crop weeds, soil weathering and organic fertilization from urban and marine sources. We excluded atmospheric dry changes (deposition and airborne) from gaseous and particulate transport of N-P-K due to modelling difficulties, assuming that outputs and inputs are similar and therefore the net balance is approximately zero. The gaseous exchanges of P and K were also dismissed as being minimal³³. The complete description of the model is in the supplementary information file (SI)^e. We present next five sets of flows selected for relevance to the results and methodological innovation.

$$\text{Nutrient Balance } (N, P, K) = \sum \text{Input } (N, P, K) - \sum \text{Output } (N, P, K) \quad \text{Equation (1)}$$

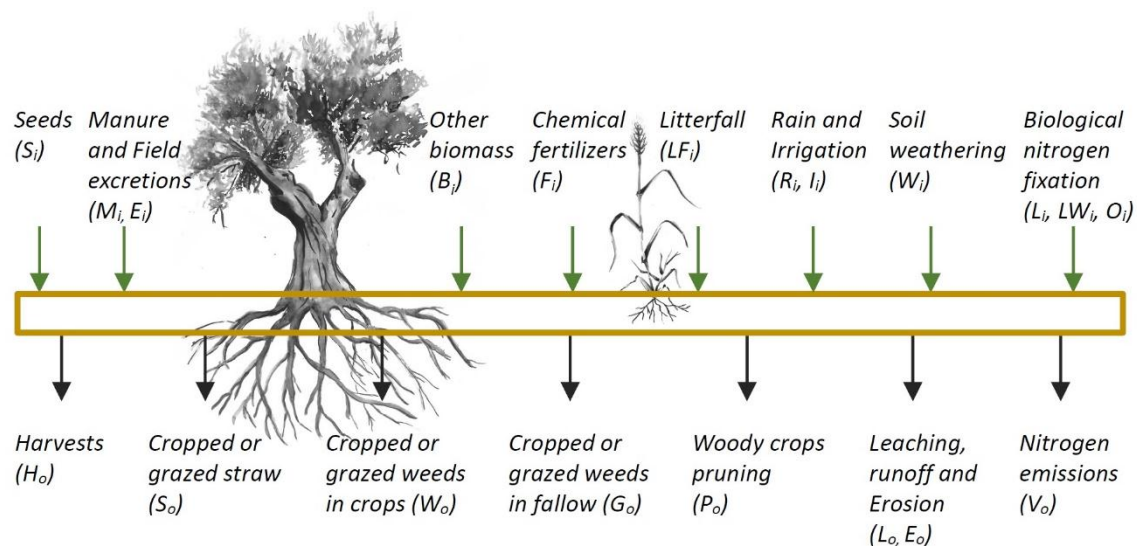


Figure 1: Diagram of topsoil N-P-K flows. See supplementary information file for full description of variables and model. Green arrows represent inputs and black arrows outputs. Olive tree and wheat plant drawings by Rita Hermínio.

Study area

The area under study is the Portugal mainland (ca. 36°57'-42°09'N, 6°11'-9°30'W) with about 89,000 km². Portugal has a temperate Mediterranean-type climate with Atlantic or Continental influences, where wet and cold winters alternate with hot and dry summers^{34,35}. The annual mean of average daily temperatures varied from 7.5° C to 17.5° C in the 1931-1960 period³⁶. The mean annual rainfall for the 1950's decade was 992 mm, ranging annually from 660 to 1470 mm (SI). Altitude rises to almost 2000 m in the Estrela mountain range with a continental mean around 240 m³⁶. The soil is predominantly acid (>80% of area) except for soils resulting from carbonate or granitic alkaline rocks³⁶. The northern half of the country has a hilly topography, cold and wet climate with precipitation reaching 2000 to 3000 mm annually, while

^e The SI file is available online for consultation and download: www.nature.com/articles/s41598-017-08118-3#Sec23

the south has a plane topography with small elevations, long warm and dry summers, and a mean annual rainfall that hardly surpasses 800 mm.

Primary data

The continental scale was preferred versus smaller regions for it increases the quantity and quality of data collected, as statistical services operated mostly at the national level. We processed data from official reports and past agronomic literature to describe land use, crops and yields, irrigation and rainfall, livestock and manure, chemical fertilization, farming practices, etc., in the study period. This data is fully provided in the SI and briefly described next.

The core data used in the model was the nationwide land use survey from 1951 to 1956, referred at that time as “the most detailed and trustable” survey ever done in Portugal³⁷. Though it presents a good disaggregation of agricultural land uses it omits a fallow land class (comprised in the “arable surface” class), which we have estimated (Go in SI). We set different fallow land areas in the nationwide and arable crops balances, in order to avoid double counting of weeds output due to the overlap of arable crops with permanent crops (SI). Data on yield, sowing amounts and area of the arable crops (six cereals: wheat, rye, oat, barley, maize, rice; three legumes: broad bean, beans, chick-pea; and potato), vegetables, olive groves, and vineyards were available on an annual basis^{37,38}. Fruit tree data were provided by a national enquiry that counted “all the fruit trees” in the year 1954 (23 species, ca. 33.3 million trees excluding olive trees)³⁹. Livestock numbers were taken from the survey of 1955 (12 species)⁴⁰. Annual consumption of chemical N-P-K was provided by a national report of the 1940-1958 period⁴¹. We drew annual rainfall data from the national meteorological organization (SI) and irrigation volumes from past literature (SI).

Fertilization inputs

We estimated the N-P-K inputs from livestock excretions combining livestock numbers with annual excretions of each species ($\text{kg.head}^{-1}.\text{yr}^{-1}$) and then converting this biomass to N-P-K. The excretions were distributed in three parts following the different species management deduced from past literature (SI): manure (Mi), field excretions while grazing either in cropland (Ei) or in uncultivated land. For example, about 50% of cattle excretions was transformed into manure, whereas 30% was excreted on cropland and 20% lost on uncultivated pastureland. For poultry, we assumed 80% as manure and distributed equally the remaining 20% between field and lost excretions. According to these calculations we estimated 7.8 million Mg of manure (which exceeds the 6 million Mg estimated by the livestock services⁹) and 5.4 million Mg of field excretions in cropland.

The N-P-K content of excretion is also species specific and was calculated by a grand mean approach over historical sources (SI). In the absence of detailed data, we assumed N-P-K content to be similar in excretions and fresh manure (although manure included straw and other

plant biomass). This is valid for N and P which present similar concentrations in excretions and plants residues, but not for K: the estimated mean content of dry straw was N-0.56%, P-0.12%, K-0.63% whereas the mean manure/excretions content was N-0.54%, P-0.09%, K-0.29%. The latter are almost equal to the “farm manure” content (N-0.47%, P-0.09%, K-0.29%) published in 1898⁸ and match the N and P intervals from 52 manure analyses (N: 0.35-0.65%, P: 0.04-0.24%, K: 0.42-0.58%) carried out in France in 1956⁴². N-P-K inputs from manure (Mi) were then finalized by subtracting significant N-P-K losses due to manure management and storage before application (N-0.18%, P-0.02%, K-0.11%)⁴³. The losses following field excretions and manure application were regarded otherwise as output flows (Vo). We assumed that half of manure was applied over arable crops while the other half was applied over woody crops and vegetables^{7,9}. The field excretions were distributed by crops using the area distribution of crops as proxy.

Other biomass sources were used as fertilizer during the 1950s, some traditional and other born with new industrial residues^{8,34,44-47}. These sources are rarely included in agricultural balances^{11,14}. We considered that the most important were woodland and marine biomass, and urban waste (SI). Concerning the dynamics of mineralization and immobilization of organic matter in soil, we assumed that within a multi-year approach it is reasonable to equal the annual input of mineralized N-P-K from organic inputs to the total mineral content of that organic inputs (see SI, sheet Livestock).

Mainland annual consumption of chemical N-P-K was obtained by subtracting quantities that were exported to the Atlantic Portuguese islands (ca. 4% from total) and adding organic fertilizers from industrial preparation (ca. 2%)⁴¹. The distribution by crop of these fertilizers was also available^{48,49}.

Raining and weathering N-P-K

N in rainwater solution might represent a large input even in Mediterranean agroecosystems. We calculated rainfall inputs (Ri) by combining historical rainfall data and cropland area with N-P-K concentrations in rainwater (P and K show small values). The mean annual precipitation (920 mm) of 1951-56 is similar to the mean value of the 1930-2000 period⁵⁰. For N (nitrate- NO_3^- and ammonium- NH_4^+) and K we used averaged concentrations measured in Iberian weather stations (four in Portugal and two in Spain close to the border) for the period 1979-2010⁵¹. Even if N- NH_4^+ concentrations in the 1951-56 period are expected to be lower the biased effect should be small as suggested by the cross-checking estimates of NH_4^+ volatilization (Vo). The K rate is in accordance with Öborn's range²³. For P wet deposition, which is often estimated as null, we used the global surface rate of $0.2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ ²¹.

Soil weathering is not always considered in nutrient balances, mainly because empirical data or models are lacking, or because it is considered as a transfer from one pool (parent material) to another pool (exchangeable or soluble) within topsoil. No studies that relate

lithological data with weathering rates were found for Portugal, and therefore we used N-P-K weathering rates from worldwide literature. N weathering is “conspicuously absent” from most reviews yet it may vary from trace levels in granites to ecologically significant values in some sedimentary and metasedimentary rocks ($4\text{--}37 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$)⁵². We considered this input null (although a small relative contribution is expected) as it is difficult to deduce a reliable rate for Portugal. For P weathering, we used the global mean of $1 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$ ²⁰, whereas the K rate was obtained from the linear function between soil clay content and measured weathering rates ($R^2 = 0.98$), estimated from Öborn’s data²³, and the mean clay content of Portuguese topsoil⁵³. Certain clay soils have great ability to deliver K over long periods, even though clay influence may be contradictory: some clay minerals behave both as sources and sinks^{23,25}. The K rate was finally reduced in 58% to $7.4 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$, based on laboratory experiments on mineral fixation of added K²³.

Trees as nutrient pumps

Lehmann’s data⁵⁴ on cumulative depth distributions of the root activity of tree crops showed that it may vary significantly from 10% to 75% of total activity being within the top 10 cm of soil. The deepest root activity was observed for fruit trees. We selected seven tree crops from subtropical and dry tropical climate, as well the model developed for citrus and olive trees, and estimated that around 50% of the root activity of fruit trees, olive trees, and vines occurs in subsoil (below the 30 cm topsoil). Therefore, half of trees’ harvest and pruning flows (H_o , P_o) came from the subsoil and were discounted from these N-P-K outputs as a bypass flow. Conversely, half of litterfall flow (LFi) came from topsoil and was discounted from this input as recirculating flow. We considered neither the nutrient uplift in the cork and holm oak savanna (ca. 1 million ha of arable crops under the Portuguese ‘montado’) nor the counterbalancing nutrient output in cork, acorn and wood because of modelling difficulties. To the best of our knowledge no prior historical nutrient balance has addressed the trees uplift input.

Weeds outputs and inputs

Primary production of agroecosystems is partially not cultivated. A fraction of it is spontaneous flora relevant in traditional agriculture, although less relevant in modern agriculture with persistent herbicide use. The aboveground biomass of weeds, and its conversion to N-P-K, was estimated with productivity factors for historical agroecosystems in Mediterranean conditions³², considering that herbicide use in the 1950s was negligible⁵⁵ and weeds ecology and dry nutrient content are similar to that of natural pastures, typified from different sources (N-1.20%, P-0.13%, K-0.93%)^{56,57}. We combined the weeds productivity for different crops (dry kg.ha^{-1}) with the crops area and the mean N-P-K content of natural pastures to obtain the total amount of N-P-K in aboveground weeds.

Furthermore, we assumed that the residual biomass from cultivated fields and fallows (straw and weeds) was intensively used to feed animals and to produce manure, in the context of a generalized deficit in organic matter^{9,58}. In the case of crop weeds (Wo), we assumed that 70% of the aboveground P and K was withdrawn as an output in the same proportion assumed for crop straw (So)⁵⁹. For N, we considered 80% to account the potential field burning practices which volatilize almost all biomass N⁶⁰. In the case of fallows (Go), the output factors were reduced to 50% for P and K, and to 55% for N (Gloria Guzmán, personal communication) (sheet Weeds in SI). The biological N fixation by legumes occurring in wild plant communities was included in the LWi input flow.

Main losses

There are many opportunities for N-P-K to escape from agroecosystems, mainly for N¹⁹. Some occur before their entry into the agroecosystem and were not considered as outputs, while others take place on the topsoil via leaching and runoff (Lo), erosion (Eo), and N emission (Vo). We summarize next the output rates assumed in the model and full described in SI.

Leaching and runoff (Lo): Nitrate (NO_3^-) is highly soluble and hardly retained in soil by geochemical mechanisms and may be lost by surface and vertical runoff (leaching). The losses were estimated as 20% of total N input in fertilizers yet the variability range is high (10% to 80%)^{19,61-64}; P shows high tendency to precipitate and the equilibrium concentration in solution is usually very low, around 0.05 mg.L^{-1} ^{33,65}. The literature does not consider P losses from leaching but from surface transport only (Eo)^{14,21,66}. We assumed P leaching null; K leaching is expected to be small^{23,67}, but important variation has been registered ($1\text{-}44 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$)²³. We assumed K losses to be $2.0 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$ for fertilized cropland and $1.5 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$ for fallow land.

Erosion (Eo): Since mineral N is highly soluble in water and vertical and horizontal N runoff was already considered (Lo), we assumed the surface runoff of insoluble N to be null (although the transport of organic insoluble N may occur); We estimated that 10% of total P in fertilizers inputs is lost by erosion and surface runoff²⁰ that resulted nationwide in the rate of $0.7 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$. This rate is similar to the rate obtained for the Enxoé basin in southern Portugal and matches the intervals obtained in several basins in Navarra (Spain) and central Europe⁶⁸; The K erosion rate ($1.4 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$) was estimated combining soil loss rate ($1200 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$)⁶⁹ with mean soil K content (1132 mg.kg^{-1})^{70,71}.

N emissions (Vo): We set a calculation procedure for ammonium (NH_4^+) volatilization based on the assumption that global emission must equal the global deposition and that the removal of emitted NH_3 from atmosphere is fast^{18,19} and confronted the results with the sum of plausible NH_3 emissions from field excretions, manure, fertilizers, and basal field emissions (SI). NH_3 emission rate was estimated as $4.1 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$; There is overall uncertainties on soil emissions of NO, N_2O and N_2 and so we decided to compute and combine different selected

procedures^{18,19,72,73}, resulting in rates in the range 2.5-14.3 kg.ha⁻¹.yr⁻¹. We used a simple mean over the estimated values (5.3 kg.ha⁻¹.yr⁻¹). The total N gaseous losses were 9.4 kg.ha⁻¹.yr⁻¹.

RESULTS AND DISCUSSION

Nationwide N-P-K balance

N, P and K balances for the cropland topsoil are presented in Table 1. For N we found a mean deficit of ca. 11,600 Mg.yr⁻¹, i.e. -2.1 kg.ha⁻¹.yr⁻¹, while P and K showed a positive balance with accumulation of ca. 26,500 Mg (4.7 kg.ha⁻¹.yr⁻¹) and 5,808 Mg (1.0 kg.ha⁻¹.yr⁻¹), respectively. These aggregate sums over a cropland area of about 5.6 million ha mask differences between crops and regions but produce important outcomes nationwide. First of all, chemical fertilization was already crucial in the first half of the 1950s for the replenishment of soil nutrients. Without it soil balance would have been negative for both N and P (-7.9 kg.ha⁻¹.yr⁻¹ and -0.2 kg.ha⁻¹.yr⁻¹, respectively), although it would have remained positive for K (0.2 kg.ha⁻¹.yr⁻¹). Chemical N-P-K was applied to crops (excluding fallows) at mean rates of 10.9 kg N.ha⁻¹.yr⁻¹, 8.0 kg P.ha⁻¹.yr⁻¹, and 1.4 kg K.ha⁻¹.yr⁻¹. However, organic fertilization from livestock excretions and other sources, such as marine biomass and urban waste, represent together 34% of N, 25% of P, and 36% of K total inputs, which are greater than the chemical N and K share. In the period 1951-56 Portuguese agriculture was fertilized both chemically and organically, with biomass leading the N and K inputs and chemical compounds the P inputs. If considering only the fertilization inputs (*i.e.* Mi, Ei, Fi and Oi flows), the share of chemical fertilizers was 36% of N, 70% of P and 11% of K, with the remaining proportions coming from organic entries.

Table 1: The N-P-K balance for mainland Portugal cropland. The flow share is shown in percentage.

N-P-K flows (Mg)	N		P		K	
Outputs		%		%		%
Harvests (Ho)	38 828	(19.0)	6 358	(30.6)	14 192	(13.8)
Cropped or grazed straw (So)	19 081	(9.3)	3 287	(15.8)	17 918	(17.4)
Cropped or grazed weeds – crops (Wo)	42 275	(20.7)	4 004	(19.3)	28 470	(27.7)
Cropped or grazed weeds – fallow (Go)	29 514	(14.4)	2 904	(14.0)	20 650	(20.1)
Woody crops pruning (Po)	2 704	(1.3)	369	(1.8)	2 635	(2.6)
Leaching and runoff (Lo)	19 360	(9.5)	0	(0)	11 256	(11.0)
Erosion (Eo)	0	(0)	3 830	(18.5)	7 645	(7.4)
N emissions (Vo)	52 692	(25.8)	0	(0)	0	(0)
Sum	204 455	(100)	20 753	(100)	102 767	(100)
Inputs						
Seeds (Si)	3 788	(2.0)	614	(1.3)	1 167	(1.1)
Manure (Mi)	28 528	(14.8)	5 554	(11.8)	14 007	(12.9)
Field excretions (Ei)	30 357	(15.7)	4 992	(10.6)	15 438	(14.2)
Other biomass entries (Bi)	7 284	(3.8)	1 159	(2.45)	9 719	(9.0)
Chemical fertilizers (Fi)	37 918	(19.7)	27 752	(58.7)	4 916	(4.5)
Litterfall (Lfi)	3 275	(1.7)	280	(0.6)	2 944	(2.7)
Rainfall (Ri)	22 622	(11.7)	1 126	(2.4)	9 118	(8.4)
Irrigation (Ii)	5 569	(2.9)	152	(0.3)	9 546	(8.8)
Soil weathering (Wi)	0	(0)	5 628	(11.9)	41 719	(38.4)
Symbiotic N fixation - cultivated legumes (Li)	8 355	(4.3)	0	(0)	0	(0)
Symbiotic N fixation - wild legumes (LWi)	27 490	(14.3)	0	(0)	0	(0)
Non-symbiotic N fixation (Oi)	17 589	(9.1)	0	(0)	0	(0)
Sum	192 774	(100)	47 257	(100)	108 575	(100)
Balance						
	(Mg)	-11 681	26 503		5 808	
	(kg.ha ⁻¹ .yr ⁻¹)	-2,1	4,7		1,0	

Nonetheless, the use of chemical fertilizers was steadily increasing since 1946, and the mean consumption of chemical N in 1957 and 1958 surpassed by 50% the mean consumption of the 1951-1956 period (13% in P and 39% in K)⁴¹, an increase that was large enough to surpass the N gap. Even considering that this intensification resulted in increased outputs such as harvest and leaching, it is very likely that an N surplus was reached from the late 1950s onward. Additionally, our data show that chemical N input increased rapidly from 1951 to 1958 ($\approx 118\%$, with annual rates ranging from 7% to 19%), finally equaling the organic entries of N (SI). The 1950s thus establish the turning point from an agriculture fertilized predominantly through biomass N, collected within or close to farms, to one where industrial N prevailed. Despite the general increase in chemical supply, K fertilization remained largely organic, while the predominance of industrial P had already been established in previous decades.

The separation between “natural” flows and those controlled by farmers is not easily set for both conceptual and methodological reasons, but remains essential to assess the passive contribution of non-human inputs to soil fertility. Natural or passive inputs (here defined as R_i , W_i , LFi , LWi and O_i) summed annually around 71,000 Mg of N (37% of total inputs), 7,000 Mg of P (15%), and 53,800 Mg of K (50%). Rainfall alone contributed with 4.0 kg N.ha⁻¹.yr⁻¹, 0.2 kg P.ha⁻¹.yr⁻¹ and 1.6 kg K.ha⁻¹.yr⁻¹.

Output results showed that biomass extraction through harvest, grazing and pruning was, as expectable, the greatest output (more than 80% of total P and K outputs and 65% of N). Not so obvious is the fact that the edible parts of crops account for a small fraction of nutrient uptake in biomass (N-29%, P-38%, K-17%). As reported in a world evaluation for the mid-1990s⁶⁰, “it would not be inappropriate to define agriculture as an endeavor producing mostly inedible phytomass”. The biomass residues of the Portuguese 1950s were not anyhow the misused “valuable renewable resource” of the reported 1990’s but a key source of organic matter widely used to satisfy mutually dependent functions of past agriculture: manure, animal work, meat and household fuel. These flows represent a significant output which partly returned to soil via, mostly, livestock excretion. Lastly, the inclusion of crop weeds proved to be decisive to the balance (Table 1).

We developed a sensitivity analysis that identifies the flows whose variation has biggest impact on the balance results. We calculated the minimum (positive or negative) variation (%) in each flow that would by itself be enough to change the sign of the balance (i.e., switch from depletion to accumulation or vice-versa) (Table 2). For example, the N deficit would be canceled by the combined reduction of the outputs from weeds and gaseous emissions, and the increment of the inputs from organic and chemical fertilizations (around $\pm 6\%$ in each flow). The P sign is difficult to change, mainly because the chemical input alone surpasses the sum of all outputs. For K, a reduction of 14% in the weathering rate is enough to cancel the soil accumulation obtained, which would be however reinforced by a small decrease in the weeds and straw outputs. Note that the variations of each flow have contrary effects concerning the balance of N and that of P and K, as visible by the sign variation in Table 2.

Table 2: The flow variation (%) that are critical for the N-P-K sign of the nationwide balance. The bold values identify the smaller critical values and the (-100%) notation identified the flows with negative variation superior to the flow amount.

	N	P	K	
Outputs	Harvests (Ho)	-30%	417%	41%
	Cropped or grazed straw (So)	-61%	806%	32%
	Cropped or grazed weeds - crops (Wo)	-28%	662%	20%
	Cropped or grazed weeds - fallow (Go)	-40%	912%	28%
	Woody crops pruning (Po)	(-100%)	7176%	220%
	Leaching and runoff (Lo)	-60%	-	52%
	Erosion (Eo)	-	692%	76%
	N emissions (Vo)	-22%	-	-
	Seeds (Si)	308%	(-100%)	(-100%)
	Manure (Mi)	41%	(-100%)	-41%
	Field excretions (Ei)	38%	(-100%)	-38%
	Other biomass entries (Bi)	160%	(-100%)	-60%
	Chemical fertilizers (Fi)	31%	-95%	(-100%)
	Litterfall (Lfi)	357%	(-100%)	(-100%)
Inputs	Rainfall (Ri)	52%	(-100%)	-64%
	Irrigation (Ii)	210%	(-100%)	-61%
	Soil weathering (Wi)	-	(-100%)	-14%
	Symbiotic N fixation - cultivated legumes (Li)	140%	-	-
	Symbiotic N fixation - wild legumes (LWi)	42%	-	-
	Non-symbiotic N fixation (Oi)	66%	-	-

The arable crops rotations

During the first half of the 1950s arable crops rotations covered over 94% (ca. 5.3 million ha) of the cropland surface, overlapping with woody crops (mostly olive groves) and cork and holm oak savanna (Portuguese 'montado') in about 1.7 million ha. Crop rotations were very distinct across the country and could vary considerably, even locally. In the Beja and Serpa municipalities in the south, 21 and 45 rotation types, respectively, were identified in the 1950s^{74,75}. Notwithstanding this diversity, the arable system can be observed as an abstract nationwide rotation where cereals plus potato occupied 44% of the arable land, grain legumes 10%, and fallow land 46%. The overall balance confirmed the pattern found nationwide: N presents a deficiency (-1.6 kg.ha⁻¹.yr⁻¹) and P and K an accumulation (4.2 kg.ha⁻¹.yr⁻¹ and 3.0 kg.ha⁻¹.yr⁻¹, respectively). The fertility meaning of the rotations only comes out when contrasting the different land uses (Table 3). For cereals and potato the N deficit reached 11,800 Mg which were not compensated by the positive balance on legume crops (ca. 2,800 Mg) and fallow (388 Mg). One legume crop left in the soil enough N (5.6 kg.ha⁻¹.yr⁻¹) to compensate the deficit of one cereal crop (-5.0 kg.ha⁻¹.yr⁻¹) while compensation by the fallow was virtually null (0.2 kg.ha⁻¹.yr⁻¹). N surplus in legume crops is smaller than the inputs of chemical fertilizers (14.4 kg.ha⁻¹.yr⁻¹) but superior to any other input in the cereal crops including manure (5.5 kg.ha⁻¹.yr⁻¹).

In the case of P and K the greater accumulation on cereals and potato fields comparing to legumes and fallow is explained by the distribution of chemical fertilizers by crops. Around 90% of chemical N-P-K was applied on arable crops, almost all on cereals and potato. Legumes received only 1 to 3% and fallows were not fertilized (SI). The removal of this input makes arable crops deficient in P (-0.5 kg.ha⁻¹.yr⁻¹) and the N gap grows by a factor of 5 (-8.0 kg.ha⁻¹.yr⁻¹).

The 1950s agroecosystem, in transition from organic to chemical inputs, reveals now a land use distribution that cannot sustain the annual balance of both N and P without chemical fertilizers. These are historically interconnected processes perceived by coeval agronomists who identified the reduction of fallow land in the first half of 1900s as a “harmful tendency”⁷⁶ and proposed a “large scale [implementation] of lupins” to incorporate in the soil as green manure⁹. Manure was insufficient since the beginning of the 20th century^{71,77} and in the 1950s a deficit of 25 million Mg was estimated⁹, four times the actual production of manure. Further, over the 1950s’ peak of cropland, the rapid and unprecedented spread of chemical fertilizers and mechanical strength occurred⁷⁸. The long-standing expansion of the arable surface (and the concentration of that surface on cereal crops, mainly wheat) would not have been possible without the substitution of the “land cost” of organic farming by externalized inputs³ that were sufficient to balance soil P and K in the 1951-56 period and, some years later, soil N.

Table 3: The N-P-K balance for the arable crops disaggregated in cereals plus potato, legume crops and fallow land.

N-P-K flows (Mg)	Cereals and potato			Legume crops			Fallow land		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Outputs									
Harvests (Ho)	29 343	5 134	104	4 838	549	49	0	0	0
Cropped or grazed straw (So)	13 811	2 770	13 559	1 826	219	1 886	0	0	0
Cropped or grazed weeds – crops (Wo)	19 768	1 872	13 313	4 275	405	2 879	0	0	0
Cropped or grazed weeds – fallow (Go)	0	0	0	0	0	0	33 613	3 308	23 519
Leaching and runoff (Lo)	11 888	0	4 701	722	0	1 019	3 236	0	3 654
Erosion (Eo)	0	2 832	3 193	0	118	692	0	266	3 309
N emissions (Vo)	22 009	0	0	4 768	0	0	12 642	0	0
Sum	96 819	12 609	34 870	16 429	1 291	6 524	49 491	3 574	30 483
Inputs									
Seeds (Si)	2 838	497	732	663	76	165	0	0	0
Manure (Mi)	12 837	2 499	6 303	1 426	278	700	0	0	0
Field excretions (Ei)	8 865	1 458	4 508	1 921	316	977	16 179	2 660	8 228
Other biomass entries (Bi)	2 185	348	2 916	2 185	348	2 916	0	0	0
Chemical fertilizers (Fi)	33 747	24 367	4 164	265	583	128	0	0	0
Rainfall (Ri)	9 449	470	3 808	2 047	102	825	9 793	487	3 947
Irrigation (Ii)	4 070	111	6 976	257	7	441	0	0	0
Soil weathering (Wi)	0	2 351	17 426	0	509	3 775	0	2 436	18 060
Symbiotic N fixation - cultivated legumes (Li)	0	0	0	8 131	0	0	0	0	0
Symbiotic N fixation - wild legumes (LWi)	6 326	0	0	1 368	0	0	15 646	0	0
Non-symbiotic N fixation (Oi)	4 701	0	0	1 019	0	0	8 262	0	0
Sum	85 019	32 100	47 101	19 283	2 218	9 985	49 880	5 584	30 724
Balance									
(Mg)	-11 801	19 491	12 231	2 854	928	3 461	388	2 010	241
(kg.ha ⁻¹ .yr ⁻¹)	-5,0	8,3	5,2	5,6	1,8	6,8	0,2	0,8	0,1

Were fallows restoring fertility?

Fallow land is a nutrient replenishment practice that balances passive inputs with grazing output intensity. It is a waiting method where cropland is provisionally converted into pastureland. Nevertheless, fallow land balance was only slightly positive: N, P and K were accumulated at rates smaller than 0.9 kg.ha⁻¹.yr⁻¹ (Table 3). This was due to the intense extraction of biomass in fallow land by grazing that was poorly compensated by excretion on site. This is in line with the tendency for nutrient mining in grasslands, particularly in extensive agriculture^{21,23,33}. Indeed, if grazers are removed from fallow, together with their excretions, the balance of N and K rises up to more than 6.0 kg.ha⁻¹.yr⁻¹ and to 1.1 kg.ha⁻¹.yr⁻¹ of P, providing an N surplus sufficient to

overcome the N deficit of arable crops and to reduce in 1/4 the chemical N input. However, the fallow land pastures could not be dismissed in the 1950s because they were an important source of nutrients transferred to crops in the excretions. Fallows were restoring the fertility of cropland while accumulating a small or null amount of N-P-K in their soil.

Notwithstanding, fallow land could have been sown with fodder legumes following the rotations schemes developed in the 18th and 19th northern Europe that enhanced manure availability and N fixation^{1,79}. The cultivation of fallows was studied in Portugal for yields and fertility improvements^{74,80-82}, and was internationally recognized in 1951 by the young Organisation for European Economic Co-operation as “the outstanding problem awaiting solution in South Portugal”⁸¹, but it was not consensual among agronomists⁸³ and their implementation was minimal at the end of the 1950s after a marginal use in the previous century^{81,84}. Further research is required to clarify the persistence of fallow land in Portugal, as well to quantify the nutrients transferred to cropland via livestock that came from grasslands nearby cropland (natural pastures, moorland, forests). This transfer is crucial to measure the total land allocated to organic farming.

The sensitivity analysis of the arable crops balance (Table 4) confirmed the robustness of P accumulation. In the case of cereals and potato, N emissions remain a critical flow. Harvest biomass and chemical fertilization emerged as the most sensitive flows to the results (-37% and 33% of critical variation, respectively). K balance appear now less vulnerable to K weathering variation comparing to the nationwide balance. The balance of legume crops is globally robust to any variation except for the symbiotic N fixation due to cultivated legumes, which is the highest flow. Conversely, the balance of fallow land, with low accumulation of N-P-K, is highly sensitive to all flows of N and K.

Table 4: The flow variation (%) that are critical for the N-P-K sign of the arable crops balance. The bold values identify the smaller critical values and the (-100%) notation identified the flows with negative variation superior to the flow amount.

		Cereals and potato			Legume crops			Fallow land		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
Outputs	Harvests (Ho)	-37%	381%	11792%	61%	172%	7045%	-	-	-
	Cropped or grazed straw (So)	-80%	706%	90%	161%	432%	184%	-	-	-
	Cropped or grazed weeds - crops (Wo)	-56%	1045%	92%	69%	233%	120%	-	-	-
	Cropped or grazed weeds - fallow (Go)	-	-	-	-	-	-	2%	65%	1%
	Leaching and runoff (Lo)	-95%	-	260%	395%	-	340%	23%	-	7%
	Erosion (Eo)	-	689%	383%	-	790%	500%	-	764%	7%
	N emissions (Vo)	-50%	-	-	62%	-	-	6%	-	-
Inputs	Seeds (Si)	387%	(-100%)	(-100%)	(-100%)	(-100%)	(-100%)	-	-	-
	Manure (Mi)	86%	(-100%)	(-100%)	(-100%)	(-100%)	(-100%)	-	-	-
	Field excretions (Ei)	117%	(-100%)	(-100%)	(-100%)	(-100%)	(-100%)	-5%	-76%	-3%
	Other biomass entries (Bi)	503%	(-100%)	(-100%)	(-100%)	(-100%)	(-100%)	-	-	-
	Chemical fertilizers (Fi)	33%	-80%	(-100%)	(-100%)	(-100%)	(-100%)	-	-	-
	Rainfall (Ri)	116%	(-100%)	(-100%)	(-100%)	(-100%)	(-100%)	-8%	(-100%)	-6%
	Irrigation (Ii)	270%	(-100%)	(-100%)	(-100%)	(-100%)	(-100%)	-	-	-
	Soil weathering (Wi)	-	(-100%)	-70%	-	(-100%)	-92%	-	-88%	-1%
	Symbiotic N fixation - cultivated legumes (Li)	-	-	-	-36%	-	-	-	-	-
	Symbiotic N fixation - wild legumes (LWi)	174%	-	-	(-100%)	-	-	-5%	-	-
Non-symbiotic N fixation (Oi)	234%	-	-	(-100%)	-	-	-9%	-	-	

The wheat case

Wheat crops occupied more than 850,000 ha during the study period, by far the largest crop corresponding alone to 30% of sown fields. This area increased gradually from less than 300,000 ha in the late 19th century⁸⁵ and inflected in the last years of the 1950s until the present, where the wheat area hardly exceeds 50,000 hectares^{30,37}, in an evolution strongly set by political and economic drivers^{26,86,87}. That large surface from 1951-56 was concentrated (80%) in the southern half of the country. Wheat is a major exporter of N-P-K in grain (Table 5) and, not surprisingly, shows an N deficit ($-5.9 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$, Table 6) higher than that of cereals and potato taken together. The higher accumulation of P ($13.2 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$) but not of K ($0.7 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$) is explained by the distribution of chemical fertilizers (SI). Chemical P was mainly applied on wheat (around 50% of national consumption) whereas K fertilization was concentrated on potato and maize crops (only 12% on wheat). The proportion of chemical N applied on wheat (32%) was similar to its area proportion in the sown fields. The apparent mismatch between fertilization and the needs indicated by the wheat balance (also observed in the arable crops), is partly explained by the difficulty in accessing N fertilizers until the end of WWII and by mistaken cultural practices that promoted exclusive P fertilization in extensive farming since the late 19th century⁸⁸⁻⁹⁰.

Table 5: The grain N-P-K output rates ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$).

	N	P	K
Wheat	15.0	2.6	3.3
Rye	10.6	2.2	2.7
Oat	6.7	0.8	1.2
Barley	8.4	1.7	2.2
Maize	13.0	2.0	2.2
Rice	40.7	10.0	8.4

The wheat N imbalance could have been rectified by increasing chemical fertilization from the actual $14.5 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$ to $20 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$, which arose in the turn to the 1960s⁴¹. Alternatively, the rectification could have been achieved by increasing the area of legume crops. On average legumes left in the soil $5.6 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$ (Table 3) while wheat depleted the soil at $5.9 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$ (Table 6). Therefore, legumes surface should equal, approximately, that of wheat (1:1). This would have represented an increase in legume area from 500,271 ha to 856,959 ha (>68%), which would be achieved with biennial wheat-legume or triennial wheat-fallow-legume rotations. Anyhow, if the chemical fertilizers are completely excluded, the range of options for nutrient replenishment narrows. The area ratio wheat-legume goes to 1:4, only achievable, considering that cropland area in the 1950s could not grow more^{58,91}, with a significant reduction of cereals area and/or through fallow cultivation.

The expansion of nutrient demanding crops such as wheat against fallow land and other crops, that are not so demanding or even enrich the soil, depended on the increased use of chemical fertilizers, which were insufficient to balance soil N during the study period and most

likely in the previous decades, since mean chemical N use in the 1940s equals 1/3 that of 1951-56⁴¹.

The sensitivity analysis of wheat balance (Table 7) confirmed again the robustness of P accumulation. In the case of N, the harvest outputs and the inputs from manure and chemical fertilizers controlled the main sensitivity of the results. K balance is quite sensitive to most flows, especially the weeds output and the manure and weathering inputs, due to the low positive balance. We observe also the apparent redundancy of chemical K in contrast to chemical P or N.

Table 6: The N-P-K balance for wheat crops.

N-P-K flows (Mg)		N	P	K
Outputs				
Harvests (Ho)		12 843	2 213	2 819
Cropped or grazed straw (So)		5 917	1 084	4 386
Cropped or grazed weeds - crops (Wo)		7 194	681	4 845
Leaching and runoff (Lo)		4 845	0	1 714
Erosion (Eo)		0	1 541	1 164
N emissions (Vo)		8 023	0	0
	Sum	38 822	5 519	14 928
Inputs				
Seeds (Si)		1 376	237	302
Manure (Mi)		8 558	1 666	4 202
Field excretions (Ei)		3 232	531	1 644
Other biomass entries (Bi)		728	116	972
Chemical fertilizers (Fi)		12 437	13 210	590
Rainfall (Ri)		3 445	171	1 388
Soil weathering (Wi)		0	857	6 352
Symbiotic N fixation - wild legumes (LWi)		2 302	0	0
Non-symbiotic N fixation (Oi)		1 714	0	0
	Sum	33 792	16 789	15 548
Balance				
	(Mg)	-5 030	11 270	620
	(kg.ha ⁻¹ .yr ⁻¹)	-5,9	13,2	0,7

Table 7: The flow variation (%) that are critical for the N-P-K sign of the wheat balance. The bold values identify the smaller critical values and the (-100%) notation identified the flows with negative variation superior to the flow amount.

	N	P	K	
Outputs	Harvests (Ho)	-38%	511%	22%
	Cropped or grazed straw (So)	-82%	1042%	14%
	Cropped or grazed weeds - crops (Wo)	-68%	1658%	13%
	Leaching and runoff (Lo)	-99,8%	-	36%
	Erosion (Eo)	-	732%	53%
	N emissions (Vo)	-61%	-	-
Inputs	Seeds (Si)	354%	(-100%)	(-100%)
	Manure (Mi)	57%	(-100%)	-15%
	Field excretions (Ei)	142%	(-100%)	-36%
	Other biomass entries (Bi)	669%	(-100%)	-64%
	Chemical fertilizers (Fi)	39%	-86%	(-100%)
	Rainfall (Ri)	142%	(-100%)	-45%
	Soil weathering (Wi)	-	(-100%)	-10%
	Symbiotic N fixation - wild legumes (LWi)	212%	-	-
	Non-symbiotic N fixation (Oi)	285%	-	-

Woody crops: orchards, olive groves and vines

Numerous studies from the last two decades on tree and shrub vertical transport of nutrients indicate an overall improvement of the nutrient status in topsoil close to trees and shrubs^{54,92-96}. Studies on Iberian *Quercus* sp. 'montado' showed a horizontal gradient of topsoil nutrient

content related to the distance from the tree trunk⁹⁷⁻¹⁰⁰. Moreover, tree roots may also increase soil organic matter, reduce leaching, and improve soil physical properties¹⁰¹. Although these vertical and horizontal patterns present significant agroecological complexity, also influenced by the behaviour of herbivores and tillage practices, the action of trees has been proposed as the determining factor⁹². Nutrients absorbed by roots in the subsoil layers are transported within the plant and released via leaf and fruit abscission over the topsoil. There is also direct leaching from leaves by throughfall⁹⁶ and vertical hydraulic redistribution from deep roots to superficial ones¹⁰².

The area of woody crops was more than 1.1 million ha and about half included cultivated fields (ca. 0.6 million ha). However, their nutrient balance cannot be performed with accuracy due to the overlap with arable crops and lack of detailed data. We do not know which crops and rotations were mixed with trees, nor the fertilization and grazing pattern of these cases. Nevertheless, nationwide results showed that woody crops contributed with a net input of N-P-K gathered in subsoil and deposited as litterfall. Further, the uplift movement of nutrients from subsoil to topsoil operated by trees represent, in addition to reduced outputs in fruits and prunings, an overall improvement of soil properties and mitigation of leaching, which may be relevant to Mediterranean agriculture as suggested by the literature. The clarification of the advantageous conditions of herbaceous and arboreal layers overlap requires building nutrient budgets for specific combinations of arable crop rotations and woody crops.

N-P-K overall analysis

N was by far the nutrient with larger flow in the agroecosystem topsoil, as well the element with the greatest number of input and output routes. Moreover, N shortage is pointed out as the most common reason for low yields⁵. Nationwide, about 400,000 Mg of N entered and exited annually the cropland soil versus around 68,000 Mg of P and 211,000 of K. Its high solubility and reactivity explain the high flows of some outputs (leaching and gaseous emission) and inputs (rainfall and irrigation) by comparison with P and K. N losses equal about 70% of fertilization entries, which seems acceptable in southern Europe⁵. This resulted from the careful assessment of leaching, runoff, and gaseous emission, yet general uncertainties persist in the biogeochemical cycle of N^{18,103}. N was also the larger nutrient in harvest (except for potato) and in livestock excretions, although it tends to equal K in straw, grass, wood, fruits and vegetables. Importantly, atmospheric N fixation by rhizobium associations with legumes roots and other non-symbiotic organisms contributed together with 9.6 kg.ha⁻¹.yr⁻¹ to the 1951-56 cropland.

The N deficit found with different breakdowns indicates, considering its biogeochemical characteristics, a consistent loss in the soil pool of plant-available N. Some farms, crop rotations or regions may have succeeded in balancing or even increasing N levels but the overall results convincingly show that Portuguese agriculture lacked N in the early 1950s. We did not consider the erosion output of insoluble soil organic N, which would have incremented N deficiency and

thus does not affect the overall results and implications. Conversely, the input of N by weathering may have reduced the deficit in some specific lithologies.

P had the smallest nutrient flow. It presents relatively low requirement by plants biomass, leaching was practically absent, and wet inputs summed $0.2 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$. Total nationwide losses were around 10% of fertilization entries. Weathering tend to surpass losses but a large proportion of plant-available P released by weathering becomes again unavailable due to precipitation or adsorption, though generally in forms with larger specific area that are more susceptible to renewed weathering³³. This dynamic between available and immobilized P together with small losses, which typify also K cations, suggests that the positive balances observed in all P analysis express an effective increase in the plant-available pool during 1951-56. This conclusion is in accordance with Whitehead³³ who observed in P fertilized grasslands a consistent increase of total P in topsoil and a progressive reduction of yield response to fertilization. This trend was likely maintained in the following years by the intensification of chemical fertilization. The contribution of chemical P to inputs was very high (58.7%), slightly surpassing the soil surplus in the study period. This indicates the opportunity for improvement of P efficiency use, but also the potential underestimation of P losses in the model. Finally, considering (1) the small losses and small natural entries of P, as well (2) the similarity between harvest outputs and organic fertilization inputs, it seems that the surplus of P could have been achieved in the absence of chemical P by increasing both organic fertilization and its sources from outside the cropland (permanent pastures, urban waste, marine biomass).

K presents somehow an intermediate situation. The magnitude of K circulation in biomass was high (ca. 127,000 Mg versus 205,000 Mg of N and 29,000 Mg of P) and losses were already substantial ($3.4 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$), equaling 44% of fertilization inputs. The combination of the absence of gaseous losses, the high content in crop residues and weeds (also in *Smil*⁶⁰) and the low retention in herbivores³³ indicates a high opportunity for K recycling in systems that combine crops and grazing. This partially explains the reduced use of chemical K (less than 1/5 of chemical N or P). Other reasons might be the high weathering and the complex dynamic between K soil fractions that tend to rapidly equilibrate the depletion of soluble K^{23} .

The soil accumulation of K obtained in the different balances is large enough to cope with the reduction of the weathering estimates (from 14% to 41%) or the total exclusion of chemical K input, which suggests an effective K surplus in the early 1950s, probably increasing both the plant-available pool and losses. This is a general overview since K weathering is strongly soil-type dependent and K deficits may have occurred in some specific crops such as potato and maize, where chemical K was concentrated.

CONCLUSIONS

The N-P-K balance of Portuguese cropland topsoil in the 1951-56 period showed a consistent deficit in N, both in the nationwide and arable crops assessments. N deficiency was probably

also present in the preceding decades. Anyway, the increment of chemical N use in the following years (1957-58), in the context of a continuous growth since the end of WWII, was enough to fill that gap. N deficiency appears to be at the center of the soil degradation described and widely recognized by numerous agronomists in the 1930-1960 period^{58,76,104,105} and by more recent authors^{30,91}, as the outcome of historical relations that included the expansion of the agricultural frontier and wheat surface, limited N fertilization and fixation, progressive soil depletion and increased erosion. In contrast, P and K presented significant accumulation during the 1951-56 years that must have resulted in increased soil reserves and losses that were likely kept up or reinforced in the following years.

The early 1950s balances together with the evolution of chemical fertilization consumption provide a snapshot of the inflection from an agriculture fertilized predominantly through recycled N in biomass to one where chemical N prevailed. Chemical K and P supply was also growing (though not as much as N), but K fertilization remained mostly organic whereas chemical P predominance had already been set in previous periods. This intensification occurred when the country cropland reached a record high, never before achieved or repeated. Portugal missed the agricultural 'revolution' of fallow replacement by fodder crops, going directly to the 'revolution' of chemical fertilization (and motorization). This pattern, both distances and brings closer Portugal's agricultural history to that of northern Europe, namely with respect to the United Kingdom where N fixation by legumes, a long used technology, peaked around 1950 and was rapidly replaced after WWII by industrial fertilizers⁷⁹. This reinforces the idea of a post-1950s European convergence¹⁰⁶ and acceleration^{4,107,108}.

The transition towards chemical fertilization enabled and promoted the dissociation between livestock and plant production observed from the 1950s onward, nowadays fully developed. For livestock, the progressive substitution of pastures by imported feed stuffs during the 1953-1989 period was also verified⁹¹. This dissociation, together with the important land abandonment from the 1960s onward, is pointed out by several authors as the core process of contemporary environmental problems related to land use, such as the degradation of soil and water by intensified agriculture and husbandry (nitrate leaching, pesticides, livestock effluents, erosion, etc.)^{30,91}, on the one hand, and the growing vulnerability of the territory to wildfires, on the other hand. Wildfire occurrence in Portugal has risen in the last few decades resulting from fuel accumulation linked to the abandonment of agricultural fields and shrublands used as pastures, as well to the increase of planted forests (mainly *Pinus pinaster* and *Eucalyptus globulus*)^{47,112}.

Finally, the adaptation of arable crops towards a larger integration of legumes would have improve N availability. Additionally, several cities were adapting their waste and sewage systems to produce organic fertilizers during the 1950s (SI). The great loss of nutrients related to it was criticized since at least 1875¹⁰⁹ but the advances succeeded in the mid-20th century were either abandoned or remained limited. This stresses the need to unfold the different technical and social pathways that were faced during the 20th century transformations, as

proposed by recent histories of technology and social ecological change^{2,110,111} and also explored in past rural Portugal^{29,78}, as a way to critically evaluate past and present possibilities for agroecosystems.

ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks are due to the Agro-Ecosystems History Laboratory in Seville (Universidad Pablo de Olavide), namely Manuel Molina, Gloria Guzmán, David Soto and Juan Infante-Amate. Also to Tiago B. Ramos for access to the INFOSOLO database and Ricardo F. M. Teixeira for a critical review of this article. The authors thank the three anonymous reviewers for their contributions to improve this article. Work was supported by FCT/MCTES projects UID/EEA/50009/2013 and Animal Future and doctoral grant SFRH/BD/90106/2012 (to M.C.).

REFERENCES

1. Mazoyer, M. & Roudart, L. *A History of World Agriculture: from the Neolithic Age to the Current Crisis* (Earthscan, 2006).
2. Fischer-Kowalski, M. & Haberl, H. *Socioecological Transitions and Global Change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use* (Edward Elgar Publishing, 2007).
3. Guzmán, G. & Molina, M. G. Preindustrial agriculture versus organic agriculture: the land cost of sustainability. *Land Use Policy* **26**, 502-510 (2009).
4. Molina, M. G. & Toledo, V. M. *The Social Metabolism: a Socio-Ecological Theory of Historical Change* (Springer, 2014).
5. Smil, V. *Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the Transformation of World Food Production* (MIT press, 2001).
6. Overton, M. Agronomy and agricultural history in England in *Histoires et Agronomies: entre Ruptures et Durée* (eds. Robin, P. et al.) 247-258 (Centre IRD, 2007).
7. Castilho, A. *A Valorização dos Estrumes pelas Estrumeiras* (Lisboa: Minerva Lisbonense, 1924).
8. Prego, J. M. *Guia Prático para o Emprego dos Adubos em Portugal* (Lisboa: Typographia Universal, 1898).
9. Ramalho, A. M. A terra e as suas fraquezas: divagações a propósito de um simpósio sobre fertilizantes. *Bol. Ord. Eng.* **4**, 11 (1955).
10. García-Ruiz, R., Molina, M. G., Gúzman, G., Soto, D. & Infante-Amate, J. Guidelines for constructing N, P and K balances in historical agricultural systems. *J. Sustain. Agr.* **36**, 650-682 (2012).
11. Tello, E., Garrabou, R., Cussó, X., Olarieta, J. R. & Galán, E. Fertilizing methods and nutrient balance at the end of traditional organic agriculture in the mediterranean bioregion: Catalonia (Spain) in the 1860s. *Hum. Ecol.* **40**, 369–383 (2012).
12. Molina, M. G. et al. Nutrient balances and management of soil fertility prior to the arrival of chemical fertilizers in Andalusia, southern Spain. *Hum. Ecol. Rev.* **21**, 23-48 (2015).
13. Bach, M. & Frede, H. Agricultural nitrogen, phosphorus and potassium balances in Germany - methodology and trends 1970 to 1995. *Z. Pflanzenernährung und Bodenkunde* **161**, 385-393 (1998).

14. Bouwman, L. *et al.* Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period. *P. Natl. Acad. Sci. USA* **110**, 21195–21196 (2013).
15. Infante-Amate, J. & Molina, M. G. The socio-ecological transition on a crop scale: the case of olive orchards in southern Spain (1750–2000). *Hum. Ecol.* **41**, 961–969 (2013).
16. Molina, M. G. Environmental constraints on agricultural growth in 19th century Granada (Southern Spain). *Ecol. Econ.* **41**, 257–270 (2002).
17. Allen, R. C. The nitrogen hypothesis and the English agricultural revolution: a biological analysis. *J. Econ. Hist.* **68**, 182–210 (2008).
18. Galloway, J. N. *et al.* Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry* **70**, 153–226 (2004).
19. Hatfield, J. L. & Follet, R. F. *Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management* (Elsevier Science, 2008).
20. Sattari, S. Z., Bouwman, A. F., Giller, K. E. & Ittersum, M. K. Residual soil phosphorus as the missing piece in the global phosphorus crisis puzzle. *P. Natl. Acad. Sci. USA* **109**, 6348–6353 (2012).
21. Sattari, S. Z., Bouwman, A. F., Rodríguez, R. M., Beusen, A. H. & Ittersum, M. K. Negative global phosphorus budgets challenge sustainable intensification of grasslands. *Nat. Commun.* **7**, 10696 (2016).
22. Macdonald, G. K., Bennett, E. M. & Taranu, Z. E. The influence of time, soil characteristics, and land-use history on soil phosphorus legacies: a global meta-analysis. *Global Change Biol.* **18**, 1904–1917 (2012).
23. Öborn, I. *et al.* Critical aspects of potassium management in agricultural systems. *Soil Use Manag.* **21**, 102–112 (2005).
24. Leigh, R. A. & Wyn Jones, R. G. A hypothesis relating critical potassium concentrations for growth to the distribution and functions of this ion in the plant cell. *New Phytologist* **97**, 1–13 (1984).
25. Rengel, Z. & Damon, P. M. Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. *Physiol. Plantarum* **133**, 624–636 (2008).
26. Baptista, F. O. *A Política Agrária do Estado Novo* (Porto: Edições Afrontamento, 1993).
27. Baptista, F. O. Agriculture, rural society and the land question in Portugal. *Sociologia Ruralis* **35**, 309–321 (1995).
28. Rosas, F. O Estado Novo (1926–1974) in *História de Portugal* (ed. Mattoso, J.) vol. 7 (Lisboa: Estampa, 1994).
29. Carmo, M. & Rodrigues, C. A natureza enquanto política: pensar a agricultura e a natureza na transformação rural do século XX português. *CEM/Cultura Espaço Memória* **7**, 87–111 (Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2016).
30. Jones, N., Graaf, J., Rodrigo, I. & Duarte, F. Historical review of land use changes in Portugal (before and after EU integration in 1986) and their implications for land degradation and conservation, with a focus on Centro and Alentejo regions. *Appl. Geogr.* **31**, 1036–1048 (2011).
31. Molina, M. G., García-Ruiz, R., Gúzman, G., Soto, D. & Infante-Amate, J. Guideline for constructing nutrient balance in historical agricultural systems. *Sociedad Española de Historia Agraria -Documentos de Trabajo* **1008** (2010).
32. Guzmán, G. *et al.* Methodology and conversion factors to estimate the net primary productivity of historical and contemporary agroecosystems. *Sociedad Española de Historia Agraria -Documentos de Trabajo* **1407** (2014).
33. Whitehead, D. C. *Nutrient Elements in Grassland: Soil-Plant-Animal Relationships* (CABI, 2000).
34. Ribeiro, O. *Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico* (Lisboa: Sá da Costa, 1963).

35. Rivas-Martínez, S. *et al.* Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the Syntaxonomical checklist of 2001. *Itinera Geobotanica* **15**, 5-432 (2002).
36. CNA. *Atlas do Ambiente* (Portugal Environmental Atlas) (Lisboa: Comissão Nacional do Ambiente (CNA), 1975-1982).
37. INE. *Estatísticas Agrícolas* (Lisboa: Instituto Nacional de Estatística (INE), 1957-1959, 1968-69, 2009, 2015).
38. INE. *Agricultura, Pecuária e Silvicultura, Estatísticas Económicas. Série Retrospectiva* (Lisboa: Instituto Nacional de Estatística (INE), 1971).
39. INE. *Inquérito às Explorações Agrícolas do Continente 1952/54* (Lisboa: Instituto Nacional de Estatística (INE), 1957b).
40. INE. *Gado e Animais de Capoeira. Arrolamento Geral Efectuado em 15 de Dezembro de 1955 no Continente e Ilhas adjacentes* (Lisboa: Instituto Nacional de Estatística (INE), 1959b).
41. CRPQF. *Adubos e Outros Produtos Químicos Usados na Agricultura* (Lisboa: Comissão Reguladora dos Produtos Químicos e Farmaceuticos (CRPQF), 1958).
42. Gros, A. *Adubos* (Lisboa: Livraria Clássica, 1961).
43. Castilho, A. Os estrumes, seu valor e emprêgo. *Cartilhas do Lavrador* **1** (1929).
44. Rezende, J. V. *Monografia da Gafanha* (Coimbra: Instituto para a Alta Cultura, 1944).
45. SROA. *Inquérito Agrícola e Florestal* (Plano de Fomento Agrário e Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário (SROA), 1950-58).
46. Pereira, B. Fertilizantes naturais in *O Voo do Arado* (eds. Brito, J.P. *et al.*) 201-214 (Lisboa: Museu Nacional de Etnologia, 1996).
47. Moreira, F., Rego, F. C. & Ferreira, P. G. Temporal (1958–1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: implications for fire occurrence. *Landscape Ecol.* **16**, 557-567 (2001).
48. Almeida, L. V. & Monjardino, R. Evolution de la consommation des engrais au Portugal. *Revista Agronómica*, **XLIII-III** (1960).
49. Graça, L. Q. Evolução do consumo de fertilizantes: necessidades do país. *Bol. Ord. Eng.* **3**, 20 (1954).
50. Miranda, P. *et al.* O clima de Portugal nos séculos XX e XXI in *Alterações Climáticas em Portugal, Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação* (ed. Santos, F.) 45-113 (Gradiva, 2006).
51. EMEP. *EMEP/CCC Reports: Acidifying and Eutrophying Compounds Data* (PT01, PT02, PT03, PT04, ES01, ES02 stations) <http://www.nilu.no/projects/ccc/emepdata.html> (2016).
52. Holloway, J. M. & Dahlgren, R. A. Nitrogen in rock: occurrences and biogeochemical implications. *Global Biogeochem. Cy.* **16**, 1-17 (2002).
53. Ramos, T. B., Horta, A., Gonçalves, M. C., Pires, F. P. & Martins, J. The INFOSOLO database as a first step towards the development of a soil information system in Portugal in *Proceedings of the VII Congresso Ibérico das Ciências do Solo*, 69-72 (Beja, 2016).
54. Lehmann, J. Subsoil root activity in tree-based cropping systems. *Plant Soil* **255**, 319-331 (2003).
55. Amaro, P. *A Protecção Integrada* (Lisboa: ISAPress, 2003).
56. Alves, C. L. *Como se Adubam as Terras* (Lisboa: Sá da Costa, 1938).
57. USDA. *The PLANTS Database* <https://plants.usda.gov/npk/main> (2015).
58. Caldas, E. C. *Relatório Final Preparatório do II Plano de Fomento - 2) Agricultura, Silvicultura e Pecuária* (Lisboa: Imp. Nacional, 1958).
59. Serrano, J. *Pastagens do Alentejo: Bases Técnicas sobre Caracterização, Pastoreio e Melhoramento* (Évora: ICAM, 2006).
60. Smil, V. Crop Residues: agriculture's largest harvest. *BioScience* **49**, 299-308 (1999).

61. IPCC. 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (eds. Eggleston, H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara, T. & Tanabe, K.) (IGES, 2006).
62. Basso, B. & Ritchie, J. T. Impact of compost, manure and inorganic fertilizer on nitrate leaching and yield for a 6-year maize–alfalfa rotation in Michigan. *Agr. Ecosyst. Environ.* **108**, 329-341 (2005).
63. Dinnes, D. L. *et al.* Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained Midwestern soils. *Agron. J.* **94**, 153-171 (2002).
64. Smil, V. Nitrogen in crop production: An account of global flows. *Global Biogeochem. Cy.* **13**, 647-662 (1999b).
65. Liu, Y., Villalba, G., Ayres, R. U. & Schroder, H. Global phosphorus flows and environmental impacts from a consumption perspective. *J. Ind. Ecol.* **12**, 229-247 (2008).
66. Tarkalson, D. D. & Mikkelsen, R. L. Runoff phosphorus losses as related to phosphorus source, application method, and application rate on a Piedmont soil. *J. Environ. Qual.* **33**, 1424-1430 (2004).
67. Arienzo, M., Christen, E. W., Quayle, W. & Kumar, A. A review of the fate of potassium in the soil – plant system after land application of wastewaters. *J. Hazard. Mater.* **164**, 415-422 (2009).
68. Ramos, T. B. *et al.* Sediment and nutrient dynamics during storm events in the Enxóe temporary river, southern Portugal. *Catena* **127**, 177-190 (2015).
69. Cerdan, O. *et al.* Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: a study based on erosion plot data. *Geomorphology* **122**, 167-177 (2010).
70. Carneiro, H. S. Fertilizantes potássicos. Adubos, solos, culturas. *Bol. Ord. Eng.* **3**, 24 (1954).
71. Silva, L. R. *A Questão das Adubações* (Imprensa da Universidade de Coimbra, 1912).
72. Bouwman, A. F. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* **46**, 53-70 (1996).
73. Vinther, F. P. SimDen—A simple empirical model for quantification of N₂O emission and denitrification. <http://orgprints.org/5759/> (2005).
74. Barros, H. & Cascais, M. *A Cultura Arvense no Concelho de Beja: Monografia Técnico-Económica* (Lisboa: FNPT, 1956).
75. Barros, H. & Cascais, M. *A Cultura Arvense no Concelho de Serpa: Monografia Técnico-Económica* (Lisboa: FNPT, 1956b).
76. Gomes, M. A., Barros, H. & Caldas, E. C. Traços principais da evolução da agricultura portuguesa entre as duas guerras mundiais. *Revista do Centro de Estudos Económicos* **1**, 21-203 (1944).
77. Mayer, R. F. *Adubos e Correctivos* (Lisboa: Livraria Clássica, 1910).
78. Radich, M. C. & Baptista, F. O. Tecnologia tradicional: identificação e declínio In *Caminhos e Diálogos da Antropologia Portuguesa. Homenagem a Benjamim Pereira* (ed. Saraiva, C.) 23-43 (Câmara Municipal Viana do Castelo, 2010).
79. Schandl, H. & Krausmann, F. The great transformation: a socio-metabolic reading of the industrialization of the United Kingdom in *Socioecological Transitions and Global Change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use* (eds. Fischer-Kowalski, M. *et al.*) 83-115 (Edward Elgar, 2007).
80. Vasconcellos, J. C. O problema das forragens em Portugal. *Revista Agronómica* **XXV**, 96-112 (1937).
81. Alves, J. A. O problema da manutenção da fertilidade na agricultura do sul. Notas para o seu estudo. *Melhoramento* **14** (1961).
82. Alves, J. A. *Necessidade de Fertilizantes e sua Avaliação* (Elvas: Casa Ibérica, 1971).
83. Feio, M. O que a Lavoura precisa conhecer. *Revista Agronómica* **LI** (1968).

84. Coutinho, A. X. P. *Os Fenos Espontaneos e as Palhas de Trigo em Portugal* (Lisboa: Imp. Nacional, 1884).
85. Lains, P. *Estatística e produção agrícola em Portugal, 1848-1914. Análise Social* **33**, 935-938 (1998).
86. Reis, J. A «Lei da Fome»: as origens do proteccionismo cerealífero (1889-1914). *Análise Social* **XV**, 745-793 (1979).
87. Santos, R. & Roxo, M. J. A tale of two tragedies: The case of the commons of Serra de Mértola in the Alentejo (southern Portugal) and its privatization, eighteenth to twentieth centuries in *Rural Societies and Environments at Risk: Ecology, Property Rights and Social Organization in Fragile Areas* (eds. Bavel, B. et al.) 115-146 (Brepols, 2013).
88. Silva, L. R. *Os Adubos Chimicos e a Produção Cerealifera* (Lisboa: Biblioteca do Portugal Agrícola, 1897).
89. Mello, L. M. Defesa e correição do solo no II Plano de Fomento in *A Agricultura e o II Plano de Fomento, volume I*, 141-177 (1960).
90. Alves, J. A. Fertilização do trigo. *Revista Agronómica* **LI** (1968).
91. Santos, J. L. Modelo técnico, espaço e recursos naturais - Os balanços energéticos da agricultura portuguesa (1953 e 1989). *Anais do Inst. Sup. Agro.* **45**, 263-288 (1996).
92. Vetaas, O. R. Micro-site effects of trees and shrubs in dry Savannas. *J. Veg. Sci.* **3**, 337-344 (1992).
93. Sanchez, P. A., Buresh, R. J. & Leakey, R. B. Trees, soils, and food security. *Phil. Trans. Biol. Sci.* **352**, 949-961 (1997).
94. Noordwijk, M. & Purnomosidhi, P. Root architecture in relation to tree-soil-crop interactions and shoot pruning in agroforestry. *Agroforest. Syst.* **30**, 161-173 (1995).
95. Mafongoya, P. L., Kuntashula, E. & Sileshi, G. Managing soil fertility and nutrient cycles through fertilizer trees in southern Africa in *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems* (eds. Uphoff, N. et al.) 273-289 (Taylor & Francis, 2006).
96. Jobbágy, E. G. & Jackson, R. B. The uplift of soil nutrients by plants: biogeochemical consequences across scales. *Ecology* **85**, 2380-2389 (2004).
97. Howlett, D. S., Moreno, G., Losada, M. R., Nair, P. R. & Nair, V. D. Soil carbon storage as influenced by tree cover in the Dehesa cork oak silvopasture of central-western Spain. *J. Environ. Monitor.* **13**, 1897-1904 (2011).
98. Gea-Izquierdo, G., Allen-Díaz, B., San Miguel, A. & Cañellas, I. How do trees affect spatio-temporal heterogeneity of nutrient cycling in mediterranean annual grasslands? *Ann. For. Sci.* **67**, 112 (2010).
99. Obrador, J. J. & Moreno, G. Soil nutrient status and forage yield at varying distances from trees in four dehesas in Extremadura, Spain in *Proceedings of International Congress on Silvopastoralism and Sustainable Management* (eds. Mosquera-Losada, M. et al.) 278-280 (CABI, 2005).
100. Cubera, E., Nunes, J. M., Madeira, M. & Gazarini, L. Influence of *Quercus ilex* trees on herbaceous production and nutrient concentrations in southern Portugal. *J. Plant. Nutr. Soil Sc.* **172**, 565-571 (2009).
101. Schroth, G. Tree root characteristics as criteria for species selection and systems design in agroforestry. *Agroforest. Syst.* **30**, 125-143 (1995).
102. Nadezhdina, N. et al. Trees never rest: the multiple facets of hydraulic redistribution. *Ecohydrology* **3**, 431-444 (2010).
103. Galloway, J. N. et al. The nitrogen cascade. *BioScience* **53**, 341-356 (2003).
104. Mello, L. M. Aspectos da questão da matéria orgânica dos solos agrícolas. *Palestras Agronómicas* **1** (1939).

105. Cabral, A. O problema da erosão do solo. Contribuição para o seu estudo na região de Cuba (Alentejo) in Estudos Agrários de Amílcar Cabral (Lisboa/Bissau: IICT/INEP, 1988 (1951)).
106. Martiin, C., Pan-Montojo, J. & Brassley, P. Agriculture in Capitalist Europe, 1945–1960: From Food Shortages to Food Surpluses (Routledge, 2016).
107. Pfister, C. The «1950s Syndrome» and the transition from a slow-going to a rapid loss of global sustainability in *The Turning Points of Environmental History* (ed. Uekoetter, F.) 90-118 (University of Pittsburgh Press, 2010).
108. Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O. & Ludwig, C. The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *Anthropocene Review* **2**, 81-98 (2015).
109. Lapa, J. F. *Chimica Agricola ou Estudo Analytico dos Terrenos, das Plantas e dos Estrumes* (Lisboa: Academia Real das Sciencias, 1875).
110. Edgerton, D. *The Shock of the Old: Technology and Global History since 1900* (Profile books, 2008).
111. Bonneuil, C. & Fressoz, J. B. *The Shock of the Anthropocene: the Earth, History and Us* (Verso Books, 2016).
112. Carmo, M., Moreira, F., Casimiro, P., & Vaz, P. Land use and topography influences on wildfire occurrence in northern Portugal. *Landscape Urban Plan.* **100**, 169-176 (2011).
113. Tello, E. *et al.* The onset of the English agricultural revolution: climate factors and soil Nutrients. *J. Interdiscipl. Hist.* **XLVII**, 445–474 (2017).

PARTE III

**A NATUREZA ENQUANTO POLÍTICA:
Pensar a agricultura e a natureza na transformação
rural do século XX português¹.**

Miguel Carmo e Catarina Rodrigues²

RESUMO

A produção agrícola portuguesa é examinada de um ponto de vista estritamente alimentar, enquadrada por uma perspetiva histórica e por uma reflexão sobre natureza. Os anos 1957 e 2009 servem de pontos de apoio estatístico para um modelo comparativo e para uma discussão que pretende interrogar as potencialidades materiais e políticas de um território. Num segundo plano, a relação entre *a agricultura e a natureza* (título oitocentista de João Andrade Corvo) é desenvolvida enquanto problema histórico no qual se discute os modos e ideias que ao longo do século XX lhe deram e dão corpo.

Palavras-chave: História agrícola, Produção alimentar, Natureza, Política, Portugal

ABSTRACT

The Portuguese agriculture is observed from the standpoint of food production, framed by a historical perspective and a reflection on nature. The years 1957 and 2009 enable and support a comparative agri-food model as well as a discussion that aims to examine the material and political potential of a territory. Alongside, the relationship between *the agriculture and the nature* (nineteenth-century João Andrade Corvo's book title) is built as a historical problem in which the ways and ideas that gave and give life to it are discussed.

Key-words: Agricultural history, Food production, Nature, Politics, Portugal.

¹ CARMO, M. & RODRIGUES, C (2016) - *A natureza enquanto política: pensar a agricultura e a natureza na transformação rural do século XX português*. «CEM/Cultura Espaço Memória» n. 7, p. 87–111, Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Este trabalho foi iniciado em 2014 na disciplina Sociedade e Sistemas Rurais lecionada por Maria João Canadas e Ana Novais na licenciatura em Arq. Paisagista do Instituto Superior de Agronomia. (<http://ojs.letras.up.pt/index.php/cem/article/view/2920>).

² Mestre em Arq. Paisagista no Instituto Superior de Agronomia com dissertação sobre a transformação da paisagem e da propriedade na Serra de Mértola durante o século XX.

O tempo nunca mais contou para o homem insignificante que cuidava todos os dias de um relógio de estação. E ali andou ele, alvo de troças, anos e anos sem conta, fazendo do seu pomar um laboratório de um tipo novo que se não conhecia. Levava pólen de umas flores para outras, casava uma macieira russa com outra de origem francesa, fazia frutos inteiramente desconhecidos, cruzando uma certa espécie de maçã com cerejas, ameixas e outros frutos. (...) E agora tudo parece possível.

A Vida Mágica da Sementinha – Uma breve história do trigo,
Alves Redol, 1956

“PORTUGAL NÃO É UM PAÍS POBRE”³ NEM RICO

Durante o Estado Novo, nos anos da transformação intensa que mudaram a agricultura e a ruralidade portuguesa, a “questão agrária” debate-se explicitamente sobre um eixo técnico-natural, sobre o conjunto de possibilidades técnicas e naturais como plano determinante da transformação dos campos. À tese salazarista de um país determinado por uma pobreza natural em recursos, que esforçadamente se desenvolve, os dirigentes comunistas opõem uma argumentação produtivista, centrando na dimensão técnica a solução para o “atraso” português⁴:

Se não há, porém, acordo quanto aos desfavores da natureza, todos os especialistas estão de acordo em que a fraca produção global do trigo e a sua fraca produção unitária se podem atribuir em grande parte à má selecção e variedades; à falta de gado, ao pouco estrume e poucos adubos; à não-existência de rotações convenientes; à débil luta contra as ervas daninhas – ou seja, em suma ao deficiente esforço do homem na sua luta contra a natureza. É aqui e não no clima, nas chuvas, no solo, que reside a verdadeira explicação da insuficiência da cultura do trigo⁵.

Passados 50 anos sobre este debate sabemos que as características biofísicas do território não impediram o contínuo aumento da produtividade do trabalho agrícola. Portugal não é assim um país pobre. Porém, de outro prisma, este movimento não deixou de se confrontar permanentemente com os limites impostos pela natureza e de reconhecer a fertilidade do solo e a água como fatores de produção *naturalmente* escassos. De modo geral, o clima mediterrânico, caracterizado por verões quentes e secos e invernos chuvosos e frios, limita fortemente a acumulação de matéria orgânica no solo e a disponibilidade de água durante as estações com maior potencial de crescimento vegetativo. Portugal não é assim um país rico. Esta perspetiva dupla foi analisada por William Cronon para a *Dust bowl*

³ CUNHAL 1968: 11.

⁴ NEVES 2007: 108-110.

⁵ CUNHAL 1968: 8.

norte-americana dos anos 1930⁶. Ele mostra como uma parte dos autores que escreveu sobre o fenómeno centra as suas narrativas nos “limites naturais” de um meio ambiente restritivo, enquanto outros, perante o mesmo acontecimento e as mesmas fontes, narram “uma paisagem de múltiplas possibilidades” para a “liberdade humana”, fundamentando-se no estudo da ecologia de pastagens. De modo análogo, a oscilação entre o determinismo natural da agronomia do século XIX, bem expresso nas noções de “vocação natural” ou “condições mesológicas” de uma região, e o positivismo técnico-científico do século XX que prefere, progressivamente, a noção de “aptidão” como expressão de uma autonomia agrícola variável manifesta, de forma paradoxal, a importância da dupla agricultura e natureza e da *má-relação* que existe entre ambas.

Temos assim um movimento duplo que repetidamente descobre os limites de uma natureza, designando-a por meio ambiente, e ao mesmo tempo melhora sem cessar o potencial de produção primária. Que este movimento resulte hoje num “país empobrecido”, onde se passa fome e se discute a fome, e que dispõe de uma produção agrícola muito semelhante, talvez inferior à de 1957 como veremos adiante, em contradição com uma produtividade da terra muito superior parece indicar que o eixo técnico-natural não é hoje decisivo para a observação dos sistemas agrícolas. Nem suficiente para repensar as nossas formas de produção agroalimentar, as nossas formas de produção e destruição de natureza, reflexão que se tornou hoje incontornável perante o cruzamento, inédito à escala global, de uma crise ecológica com uma crise económica e com uma crise política.

O mapa conceptual de José Lima Santos, já no final do século XX, dá-nos outro entendimento sobre a riqueza e a pobreza de um território, ampliando o debate dos anos 1960 no sentido de uma natureza encarada como problema histórico que se desenvolve sobre matrizes técnicas, sociais, económicas e naturais:

*Não existem recursos naturais em si, mas sim possibilidades oferecidas pela natureza cuja explorabilidade requer a existência de um instrumental técnico adequado. E, embora tecnicamente explorável, um determinado elemento natural não se constitui em recurso das actividades produtivas de uma sociedade sem que à sua exploração corresponda algum tipo de interesse económico e social. Como estes interesses, bem como o quadro tecnológico de exploração dos recursos, se encontram sujeitos a uma permanente transformação histórica, o que é recurso natural num determinado contexto, pode deixar de o ser num momento seguinte, e o que não é recurso natural pode vir a sê-lo depois. Assim, se o petróleo não era um recurso natural de utilização generalizada antes da descoberta dos motores de combustão interna, já certos solos agrícolas, embora tecnicamente exploráveis, podem hoje deixar de ser recursos, num quadro socioeconómico, como o actual, marcado pela necessidade de expandir a produtividade do trabalho agrícola.*⁷

Se a este mapa se acrescentar a noção, algo enigmática, de que o meio natural forma um “campo de possíveis”⁸ — convicção da economia agrária da segunda metade do século XX que

⁶ CRONON 1992.

⁷ SANTOS 1996: 264-265.

⁸ SANTOS 1992: 3.

concebe para cada região um horizonte de possibilidades agrícolas, simultaneamente aberto e condicionado, apenas discernível após combinação dos muitos elementos sociais e naturais — podemos admitir as insuficiências da grelha técnico-natural e pensar a agricultura e a natureza enquanto círculo de relações fundamentalmente históricas e plásticas, isto é, políticas⁹. E assim formular a hipótese de que o meio natural constitui um campo de possibilidades políticas. Mas para tal precisamos de interrogar essa *produção* e esse *natural*.

A PRODUÇÃO AGROALIMENTAR DE UM PAÍS IMAGINÁRIO

Para responder à pergunta, talvez ingénua — quantas pessoas podem ser alimentadas pelo território português? — construímos um modelo de produção de biomassa, que permitiu determinar a produção agroalimentar para os anos 1957¹⁰ e 2009 e estabelecer uma produção máxima virtual (vd. APÊNDICE). Estes dois anos, caracterizados pelos dados de produção e uso do solo coletados na estatística agrícola, servem como exemplares de épocas distintas, representando um antes e um depois da disseminação do modelo químico-mecânico na agricultura. Determinámos a produção e por quociente desta com superfície agrícola obtivemos a produtividade — produção de bens alimentares por hectare de terra agrícola. Com esta grelha é então possível determinar uma produção hipotética, em que a superfície agrícola de 1957 é explorada por um modelo técnico aparentado ao de 2009. Trata-se de determinar a produção agrícola de um país imaginário, que não existe e nunca existiu: multiplicámos a área agrícola de 1957 (superior à de 2009 e considerada a maior superfície alguma vez cultivada em Portugal, como se discute de seguida) pelas produtividades médias da terra em 2009 (superiores às de 1957 e consideradas igualmente máximas¹¹), obtendo-se assim um teto máximo para a produção sobre o território continental português.

Dos cálculos resulta uma produção que poderia alimentar cerca de 17 milhões de pessoas, contra os atuais 10 milhões de residentes e os 8 milhões dos anos 1950. A população portuguesa, de 1957 e de 2009, é também cotejada com uma população virtual obtida a partir da produção e considerando um consumo calórico por pessoa de 3000 kcal/dia¹². A tabela seguinte resume os resultados.

⁹ Cf. DIAS & NEVES (2010: 22): “Na política, o principal é justamente a impossibilidade de fixar os seus mecanismos, pois a política é o que excede a lógica de funcionamento do social e do económico e, portanto, é aquilo que resiste a toda a operação de estabilização.”

¹⁰ Escolhemos o ano de 1957 por fazer coincidir uma classificação continental de uso do solo com dados de produção agrícola anuais, sem sair do contexto histórico que interessava examinar.

¹¹ BAIROCH (1989) estabelece a evolução da produtividade agrícola, de 1700 até ao presente, organizada em três grandes períodos designados por ‘revoluções agrícolas’ aos quais correspondem taxas anuais positivas, e crescentes entre períodos, de variação da produtividade da terra.

¹² CARMO 2013.

		1957	2009	Virtual
Produção (10⁹ kcal)	Culturas temporárias	5 346	3 857	16 757
	Culturas permanentes	2 021 ^c	1 452	2 021
	Animal	317	390 ^c	390
	Total-alimentar	7 683	5 698	19 167
População (habitantes)	Real	8.000 000 ^a	10.562 178 ^b	-
	Virtual-alimentar	7 016 616	5 203 899	17 504 522

Tabela 1: Resultados finais. (a) A *Estatística agrícola* de 2009 indica uma população continental em 1950 e 1960 igual a 7.856.913 e 8.292.975, respetivamente, tendo-se optado por um valor intermédio redondo; (b) População residente em Portugal continental segundo o Censos de 2011. (c) Na ausência de dados para as culturas permanentes em 1957 e produção animal extensiva em 2009, utilizaram-se os valores maximizados para o cenário virtual.

Naturalmente, o modelo transporta aproximações de vários tipos que atuam sobre a distância entre as produções reais e virtual. Por exemplo, o aumento da produtividade deve-se não apenas a fatores estruturais, como o desenvolvimento global do regadio e da agronomia¹³, mas também ao abandono histórico de terras marginais menos produtivas. Por outro lado, de sentido oposto ao desvio anterior, haveria que contabilizar o leite e derivados, assim como as pescas, não consideradas. A utilidade do cálculo reside menos na capacidade preditiva de uma produção potencial do que na reabertura de hipóteses, promovida pela distância produtiva determinada, no campo das relações que constituem os sistemas agrários — entre espaço e modelo técnico, entre produção agrícola e limites naturais. Mais do que indicar uma produção máxima e uma população equivalente, o modelo está a indicar uma amplitude no espectro de possibilidades técnicas e naturais. Como veremos, o aumento da produtividade agrícola foi acompanhado historicamente pela redução da área agrícola. É essencialmente por esta razão que a nossa paisagem imaginada apresenta uma produção muito superior à atual.

Embora este exercício acarrete limitações, afigura-se uma operação pertinente uma vez que a redução do problema às dimensões superfície e produtividade vem mostrar que as possibilidades são aí finitas mas largas: a questão agrícola e alimentar não se conforma hoje, em grande medida, sobre um eixo técnico-natural. Para entender este processo vamos conjugar dois arcos de transformação do século XX português, a disseminação de um novo modelo técnico na agricultura e as oscilações na superfície agrícola.

O MODELO QUÍMICO-MECÂNICO

O novo modelo técnico assentou numa dupla substituição: do trabalho humano e animal pela motorização e dos processos biofísicos dos agroecossistemas por entradas químicas de origem industrial. A parametrização da produtividade do trabalho agrícola enquanto produto de duas componentes — superfície cultivada por trabalhador e produção por hectare de superfície cultivada (Equação 1) — permite esquematizar a difusão histórica do modelo: todo o trabalho

¹³ BAPTISTA 2010a: 44 e 81.

agrícola, das lavras à debulha e ao transporte, pôde ser substituído por máquinas, como os tratores ou as primeiras locomóveis a vapor, e a restituição da fertilidade do solo, articulada localmente com os espaços de monte e de pousio através dos estrumes e da recolha de matos e outra biomassa, pôde ser substituída pelos adubos químicos. “Há um século”, diz Fernando Oliveira Baptista em 2004, “um activo agrícola, apoiado na eficiência da tecnologia da época, podia alimentar 3 ou 4 pessoas, hoje mais de 40”¹⁴.

$$\begin{array}{c}
 \textit{Produtividade} \\
 \textit{do trabalho agrícola} = \frac{\textit{Superfície cultivada}}{\textit{Trabalhador}} \times \frac{\textit{Produção}}{\textit{Superfície cultivada}} \\
 \underbrace{\hspace{10em}}_{\textit{Componente mecânica}} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{\textit{Componente agroquímica}}
 \end{array}$$

Equação 1: Parametrização da produtividade do trabalho agrícola

Os sistemas de produção agrícola sofreram ao longo do século XX português uma transformação profunda fruto de mudanças cumulativas, que consolidam a expansão progressiva do novo modelo, com diferentes ritmos e espacialidade, e o desvanecimento da tecnologia agrícola tradicional¹⁵. Os vetores dessa transformação encontram-se já bem enraizados na segunda metade de oitocentos, como o revelam vários indicadores: produção e comercialização dos primeiros fertilizantes de síntese química, as primeiras locomóveis a vapor são usadas em arroteias e lavras¹⁶; expansão gradual da área agrícola e do produto agrícola, desenvolvimento da agronomia e do ensino agrícola, apetrechamento do Estado com os primeiros organismos exclusivamente agrícolas¹⁷. Serve de breve ilustração destes antecedentes a *Quinta Distrital* criada na década de 1880 pelo Conselho de Agricultura de Beja. A Quinta estava destinada a promover a mecanização agrícola e a adubação química, embora “desfasada naquele tempo e na conjuntura económica”¹⁸. Outro exemplo será o da instauração de novas unidades de peso e medida: o sistema Métrico-Decimal é tornado obrigatório em 1862, mas a uniformização discute-se desde o início de oitocentos. É um processo demorado que só estabiliza no final do século, de onde se deduz um complexo político oitocentista atravessado pelas transformações no mundo rural, pelo alargamento do poder do Estado, e pelo desenvolvimento dos mercados internos e externos. Uma história fecunda que obriga a usar a primeira estatística agrícola portuguesa com auxílio de uma história social¹⁹.

¹⁴ BAPTISTA 2004: 22.

¹⁵ BAPTISTA 1994, 2001, 2010b; SANTOS 1996, 2013a.

¹⁶ PREGO 1898; RADICH & BAPTISTA 2010; SANTOS 2013b.

¹⁷ LAINS 1998, 2004; RADICH 2000; SOUSA 2004.

¹⁸ FEIO 1998.

¹⁹ Em SOUSA (2004) encontramos o ponto de vista da instituição, suas fontes e protagonistas, na instauração de novos “pesos e medidas”, enquanto em FERREIRA (2004) se procura desvendar o ponto de vista da população.

O que se iniciou em oitocentos tem hoje uma presença dominante, porém não uniforme, em todo o território. Uma agricultura *tecnológica*, que produz frutos vermelhos em estufas hidropónicas no concelho de Tavira, empregando mão-de-obra do sudoeste asiático e escoando diretamente para mercados globais, convive com uma agricultura *tradicional* em algumas zonas de Ponte de Sor, onde a grade secular com um homem a peso e puxada por uma junta de bois continua a rasgar o solo. Apesar deste tempo longo (por exemplo, uma história da fertilização química em Portugal terá um recorte não inferior a 150 anos) é apenas a meio do século XX, com epicentro na década de 1960, que o conjunto de mudanças em curso se expressa decisivamente na modificação dos campos, dos sistemas agrícolas e das formas de vida. Lima Santos mostra que “a partir dos anos cinquenta iniciou-se, em Portugal, a difusão de um novo modelo técnico na agricultura, no quadro socioeconómico caracterizado por uma rápida diminuição da população ativa agrícola”²⁰, em que “a crescente escassez de força de trabalho” colocou o “aumento da produtividade agrícola no centro do novo modelo tecnológico”²¹. Foi a “debandada que varreu os campos” (“partir, emigrar, fugir”), que acelerou a transformação tecnológica da agricultura e o aumento da produtividade, diz Fernando Oliveira Baptista²². A ideia de uma transformação longa mas efetivada em apenas poucos anos, a meio do século XX, é central para compreender a história rural portuguesa. Algo que se aceita com maior facilidade quando se ouve o filho de um latifundiário da zona de Monforte lembrar que na sua infância (ele nasce em 1949) alguns dos empregados mais velhos se referiam ao seu pai como “senhor meu amo”, e que lendo hoje as *Memórias de um Médico* de Alexandre Dumas percebeu que tinha nascido, afinal, “no século XVIII francês”.

UMA AGRICULTURA QUE GANHA E PERDE TERRITÓRIO

O que aconteceu à superfície agrícola nos últimos 150 anos? De cerca de cinco milhões e meio de hectares de terrenos incultos na segunda metade do século XIX, mais de 60% da superfície continental portuguesa, chega-se a um mínimo histórico na década de 1940, abaixo dos 10% da superfície, que se manteve durante duas décadas, onde o “mundo agrícola e rural alcançou a sua maior expressão demográfica e territorial”²¹. A partir da grande migração dos anos 1960, para cidades nacionais e estrangeiras, para os serviços e indústria, inicia-se uma inflexão no movimento dos incultos, cuja área começa a crescer nas primeiras manchas agrícolas abandonadas, continuando até aos dias de hoje. Este movimento é reforçado pelas políticas agrícolas europeias a partir da década de 1980 e apenas nos anos da reforma agrária, 1974-76, produz-se um retrocesso, pontual e limitado²³. Temos assim, que no “aproveitamento do território, ao fim dos incultos sucedeu a sobra de terra (...). Passou-se de uma perspetiva em

²⁰ SANTOS 1996: 263.

²¹ SANTOS 2013: 174.

²² BAPTISTA 2001: 9; 2010b: 161.

²³ BAPTISTA 2010b: 164-165.

que se defendia o máximo aproveitamento do território para outra em que se apresenta, como inevitável, o abandono de parte dele pela agricultura”²⁴.

O mínimo nos incultos é assinalado em 1944, em *Traços principais da evolução da agricultura portuguesa entre as duas guerras mundiais*, por três agrónomos que declaram resolvida a questão do máximo aproveitamento da superfície com potencialidades agrícolas²⁵. É um artigo de fôlego, de 180 páginas, que retrata “descritiva e criticamente” a evolução histórica experimentada pela agricultura entre 1920 a 1939, “tanto técnica, como económica e socialmente” durante as duas décadas compreendidas “entre a liquidação da anterior guerra mundial e a eclosão da que está decorrendo.” O documento trata o período anterior às mudanças de meio do século e mostra quão evidente é para os autores que a transformação dos campos iniciada em oitocentos está em aceleração. Não se pressente porém nas suas palavras a transfiguração que está prestes a assolar o mundo rural. Se por um lado defendem que o inédito “desenvolvimento da agricultura” foi concomitante com a desvalorização do trabalho rural e mesmo com perdas na qualidade da alimentação, por outro, ainda que identificando com espanto a “contemporânea fuga do rural para a cidade” como novo “problema duplamente psicológico e material”, afirmam que os sucessivos recenseamentos mostram invariabilidade “no forte núcleo dos que trabalham a terra”.

Nas tabelas 2 e 3 apresentamos o uso do solo reconstituído para meio e fim do século XX (vd. APÊNDICE). A superfície agrícola de 1957 pode ser apontada, aproximadamente, como superfície máxima jamais cultivada em Portugal. Com efeito, a consulta das *Estatísticas Agrícolas* mostra que em 1957 os incultos teriam ainda encurtado em relação ao mínimo de 1944. Para o ano 2009 não existe uma classificação do uso do solo conforme a de 1957. Tão-pouco se encontra outra que distinga uma superfície agrícola total dos restantes usos. Construímos assim uma estimativa própria que fornece um panorama geral dos usos agrícolas. A dificuldade em encontrar hoje uma classificação agrícola do território resulta da perda de importância que a atividade sofreu na segunda metade do século XX. A paisagem perdeu a exclusividade produtiva em favor de outras, pelo que as próprias classificações de uso do solo traduzem hoje a transformação rural: a categoria *vegetação arbustiva e herbácea* do *CORINE Land Cover* para o ano 2000, que não inclui usos agrícolas ou florestais e que ocupa 18% da superfície continental, corresponde aos incultos que perderam assim uma designação *produtiva* em nome de outra, *ecológica*.

O solo agrícola ocupa em 1957 perto de 5 milhões de hectares, 56% do território, enquanto em 2009 passou a ocupar menos de 40%, perdendo aproximadamente 1,5 milhões de hectares que foram transferidos para usos florestais, para fins sociais e urbanos ou simplesmente abandonados. No último caso, engrossando os incultos. Embora as fontes não sejam inteiramente coincidentes, observa-se que as duas primeiras transferências não foram

²⁴ BAPTISTA 2001: 9.

²⁵ GOMES, BARROS & CALDAS 1944. Estes três homens percorrem em vida e profissão todo o século XX: Azevedo Gomes, o mais velho, em 1907 já é engenheiro. Castro Caldas e Henrique de Barros morrem no fecho do século, em 1999 e 2000, respetivamente.

muito importantes e por isso é na transferência para área inculta que se acumulou a maior parte da superfície retirada de produção. Os resultados apontam para uma transição de 7% para 20% nos terrenos incultos, no período 1957-2009. São cerca de 1,8 milhões de hectares em 2009. Uma agricultura que ganha e perde território, com ponto de inflexão no meio do século.

*

O que esta história nos dá é aparentemente contraditório. Observamos um século que coartou a produção para elevar a produtividade e onde o meio natural foi adquirindo novas possibilidades, agroalimentares tanto quanto ecológicas e estéticas, porém abreviadas. Para compreender este processo seria necessário estabelecer um terceiro arco, aqui apenas esboçado, longo como os anteriores mas de início mais antigo, dedicado à inscrição da economia nos sistemas agrícolas e nas formas de vida camponesas: desenvolvimento do capitalismo agrário, dos mercados e dos direitos de propriedade. Economias situadas por “territórios alimentares”²⁶ foram substituídas por economias crescentemente monetárias e energéticas. O metabolismo agroecológico tecido sobre fluxos materiais e sociais muito localizados foi gradualmente alargado em ligação a mercados nacionais e internacionais, tornando-se dependente de grandes quantidades de energia fóssil barata²⁷. O que antes era um *território* passou a ser uma *economia*. É esta a imagem geral que retemos para os sistemas agrícolas de montanha²⁸ e para o montado. O próprio termo “montado” traduz esta evolução: se a partir do fim do Antigo Regime começa a designar um modo particular de exploração da terra, no contexto do desenvolvimento da propriedade privada e do mercado da cortiça²⁹, antes designaria, de acordo com fontes do século XV ao XVIII, o pastoreio nos montes de uso comum, o tributo a pagar por tal uso ou, ainda, o próprio monte³⁰. Ao lado do lento desenvolvimento de novas formas económicas no mundo rural português seria necessário observar o desenvolvimento da economia política enquanto nova ordem social, seguindo, por exemplo, as indicações precisas de Michel Foucault sobre o nascimento e expansão do princípio económico nas ideias e formas políticas europeias a partir do século XVI³¹.

PARA UMA HISTÓRIA AGRÍCOLA DA FERTILIDADE DO SOLO

A variação no território agrícola não foi apenas horizontal, na extensão em superfície, foi também vertical, na qualidade agrícola do próprio solo: a expansão da superfície agrícola foi acompanhada por fenómenos de degradação do solo. Em 1950, uma equipa de agrónomos e

²⁶ RADICH 2001.

²⁷ SANTOS 2013: 175.

²⁸ AGUIAR 2011; SANTOS 1992.

²⁹ BELO 2009.

³⁰ FONSECA 2004.

³¹ FOUCAULT 2010.

silvicultores executa para o concelho de Mértola o *Inquérito Agrícola e Florestal*³², onde fazem um balanço negativo, por vezes virulento, dos efeitos da monocultura cerealífera. São aí examinadas soluções para a “reconstituição” do solo de cariz agronómico, político e socioeconómico. Uma passagem do capítulo final sobre “Os problemas do concelho” traça um retrato agroecológico:

Quando o clima não ajuda e os terrenos sejam fracos e acidentados, a erosão conduz à destruição e esterilização dos solos, facilitada pela repetição da cultura cerealífera: pode-se dizer que se juntaram todos os factores naturais e humanos para transformar a terra em deserto. (...) Ousemos afirmar que tudo o que constituísse proibição da rotineira acção humana (...) representaria um extraordinário benefício (...) – em dezenas ou centenas de anos a Natureza repararia uma parte considerável dos estragos. (...) Mas tal solução é pouco viável sem deslocações massiças da população. Outra se impõe: a acção conjunta do Homem e da Natureza (...) Não constitui exagero afirmar-se que solo agrícola, na acepção vulgar da palavra, é coisa quase inexistente: por quase todos os lados o arado tende a desfolhar os xistos e não raro se conta por poucos centímetros a espessura da camada arável, tal a verdadeira exportação de terra operada em duas ou três gerações, após a Lei dos Cereais [1899] e a Campanha do Trigo [1929].³³

Todos os inquéritos feitos para os cinquenta e cinco concelhos meridionais que ocupam os distritos de Portalegre, Évora, Beja e Setúbal referem-se à degradação do solo no sumário sobre os “problemas do concelho”³⁴. Em Odemira temos acesso ao processo: “ao arrotear desordenadamente as terras cobertas de vegetação que proporcionam temporariamente abundantes frutos, o agricultor alentejano não se apercebeu (...) que provoca o desequilíbrio dinâmico dos solos cuja monocultura iniciava. Na mira de maiores lucros intensificou mais e mais a desnudação e não providenciou para que as terras esgotadas (...) fossem de novo povoadas. (...) Podemos computar em mais de 40% a área do concelho que necessita defesa da intensa acção degradante”³⁵. Não foi somente a quantidade de hectares agrícolas que variou ao longo do século XX, foi também a qualidade desses hectares. A *produção* encontra assim dois limites *naturais*, uma finitude horizontal e outra vertical, que embora não sejam de modo algum invariáveis são suficientemente estáveis do ponto de vista histórico para os tratarmos como limites.

Já antes, em 1944, em *Traços principais*, se assinalava que o “problema dos incultos” foi reduzido “à medida que a arroteia restringe a área entregue a matos e as novas searas se aprontavam, vorazes, para esgotar, em muitos casos, a magra reserva do solo em repouso”. Este texto faz uma avaliação positiva da extensificação agrícola ocorrida desde o final de oitocentos, muito embora assinale como “depredadoras” algumas iniciativas de alargamento cultural que suprimiram as terras de pousio, consideradas imprescindíveis para “recuperar a

³² RUSSO *et al.* 1950.

³³ RUSSO *et al.* 1950: 88-89. Os anos da Lei e da Campanha foram acrescentados, os sublinhados estão no original.

³⁴ No total, mais de 200 volumes, um por concelho, publicados nos primeiros anos da década de 1950 pelo Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário.

³⁵ VALENTE *et al.* 1950: 127-131.

fertilidade do solo” e manter “o equilíbrio agropecuário”³⁶. É no final desta década, 1940, que Amílcar Cabral cursa engenharia agrónómica em Lisboa acercando-se desde os primeiros anos à pedologia e conservação do solo, campos científicos que se tornam importantes na sua vida profissional e política, e nos quais Joaquim Vieira Botelho da Costa e Ário Lobo de Azevedo, seus professores, são pioneiros em Portugal³⁷. A tese final de curso de Cabral sobre o problema da erosão na região de Cuba, Alentejo, é publicada em 1951³⁸ e constituiu o “primeiro estudo sobre erosão realizado em Portugal”³⁹. É um trabalho com um corpo teórico ainda hoje pertinente e que abre com uma dedicatória “aos jornaleiros do Alentejo – trabalhadores da terra dos latifúndios, homens de vida incerta que a erosão ameaça” resumindo assim, de forma surpreendente, a leitura socionatural que atravessa todo o texto. Subentende-se dos seus estudos agrários um franco desenvolvimento das ciências do solo no Instituto Superior de Agronomia, bem como o relevo da conservação do solo nas preocupações agrícolas nacionais e ultramarinas.

Para além de uma agronomia ambiental, encontramos em Cabral definições variadas de solo que oscilam entre ciência e política. Os solos são “formações minerais e orgânicas (...) que constantemente se manifestam como resultado da actividade combinada dos seguintes factores: organismos vivos e mortos, material que lhes dá origem, clima e relevo”; são “uma espécie de condição patológica da rocha”⁴⁰. Mas são também agentes num processo histórico, que produz e é produzido pela ação humana: “um solo é «algo que se move», isto é, se transforma constantemente: isso implica a transformação da própria pedologia”⁴¹. O solo para Cabral pode ser observado de modo sincrónico ou diacrónico, como objeto mas também sujeito histórico, numa multiplicidade que serve um pensamento agrário tendencialmente integrador, onde as dimensões económica e social não tem menor importância do que as dimensões agronómica e natural: uma natureza enquanto política⁴².

Em suma, a primeira metade do século XX português apresenta problemas de destruição do solo apreciáveis, imbuídos na transformação agrícola aqui observada. A base documental consultada sugere uma deterioração crescente, em extensão e intensidade, que atinge uma expressão grave na década de 1950. No relatório de Castro Caldas (1958) está patente uma relação entre a variação horizontal e vertical no território agrícola quando se afirma que a superfície agrícola não pode mais crescer, deverá mesmo diminuir, devendo procurar-se antes o incremento da produtividade por via da manipulação dos ciclos da água e dos nutrientes: “[considerando] a análise dos factores solo e clima (...) o aproveitamento agrícola do nosso território foi talvez levado a um grau de extensificação superior ao que parece permitir a

³⁶ GOMES *et al.* 1944: 30, 97, 199.

³⁷ COSTA 1944

³⁸ CABRAL 1988

³⁹ RICARDO 1988: 37-39

⁴⁰ CABRAL 1988: 89

⁴¹ CABRAL 1988: 88.

⁴² Filipa César na obra *Mined Soil* (2013) sublinha também a ideia de um solo político em Amílcar Cabral.

natureza desses factores.”⁴³. Esta perspetiva, presente também em *Traços principais*, 14 anos antes, é resumida por Lima Santos no fim do século XX: “A expansão da superfície cultivada atingira uma tal proporção que se reconhecia, já na década de quarenta, a impossibilidade de continuar a expandir a «fronteira agrícola» (...). Em segundo lugar, é muito provável que a erosão dos solos (...) viesse a por em causa a durabilidade do cultivo de uma parte muito significativa da superfície de terras aráveis.”⁴⁴

Não podemos continuar a declinar a participação da dinâmica do solo na transformação dos campos, transformação social e económica e, naturalmente, biofísica. Se o emprego industrial e nos serviços determinou um estímulo ao êxodo e consequente reconfiguração produtiva, a perda de fertilidade terá constituído um importante estímulo à fertilização química e ao abandono das terras menos produtivas, bem como uma pressão suplementar, no sul, sobre a frágil economia do seareiro. Como explicar que o inquérito de Mértola apresente como fatores principais da “assustadora” crise de trabalho a “extensificação cerealífera”, responsável pela “depauperação dos terrenos”, e o “desaparecimento quase total do seareiro por virtude das fracas produções obtidas”? Que sentido dar ao relato de que “na serra [de Mértola] – cerca de 9.000 ha – a maior parte dos seareiros não deixa a terra de pousio, sendo aqui a rotação usual, e esgotante ao máximo, alqueive-trigo”⁴⁵? Porque considera Cabral que a erosão ameaça os jornaleiros? Porque examina Baptista a reconversão agrária pós-1950 opondo os concelhos com “boas terras” àqueles com “más terras”⁴⁶?

Tomemos agora a serra dos Milhafres de Aquilino Ribeiro em *Quando os lobos uivam*. Se considerarmos que a degradação dos solos aí é coeva da erosão na Cuba de Amílcar Cabral fica estabelecido um marco de comparação que confronta épocas só distintas na aparência: em Cuba, a erosão como resultado da extensificação cerealífera e das políticas do Estado, e também promotora de mudanças, nas aldeias de Milhafres, como situação prévia à *modernização* e como argumento agronómico e ambiental para a arborização coerciva dos baldios serranos pelo Estado. Em 1958 sai o romance de Aquilino Ribeiro (cuja reedição é proibida) retratando, no final dos anos 1940, a florestação com pinheiro por parte dos serviços florestais do Estado Novo de uma área vasta de terrenos comuns. Ao longo do livro apreende-se o metabolismo agroecológico das aldeias com a serra, que será em breve alterado, e numa das inúmeras alterações que atravessam a narrativa são mesmo apresentados valores em moeda para os serviços que a serra fornece aos aldeões e que lhes serão retirados. Muito embora ficção – a Serra dos Milhafres não existe – o que se passa ali é mais uma situação histórica universalizada às beiras via ficcional e menos uma invenção do escritor. Nas primeiras páginas, aproveitando a chegada de Manuel Louvadeus, de volta do Brasil para onde teria ido buscar fortuna, surge um retrato da serra beirã que não podia dar-nos melhor imagem, também de bela, do que poderá ser a abrangência de uma história ambiental, vista não como redução

⁴³ CALDAS 1958: 16, 192, 193.

⁴⁴ SANTOS 1996: 266.

⁴⁵ RUSSO *et al.* 1950: 20, 48, 93.

⁴⁶ BAPTISTA 2010a.

ao biofísico mas sim, por integração forte desse aspeto, como “ampliação da análise histórica”⁴⁷:

*Àquela altura já se havia de andar a semear o milho nas terras de sequeiro, mas o codo não permitia. O calendário há muito que não regulava. Noutros tempos, chegado o mês da Páscoa, cantava o cuco e recantava. Quem o ouvira? O solo não produzia, cansadinho, cansadinho a mais não poder! Chamavam a Portugal a nação das setes sementes como ao mundo de Cristo o mundo dos setes pecados. Qual, quando se semeava um alqueire e se colhiem quatro, era um louvar. Também ninguém mais queria amanho a terra! O solo era negro e sujava as mãos. A gente boa sumia-se na emigração. O que sobrenadava era o rebotalho. Pudera, tanto o lavradorzinho da arada como o cabaneiro viviam frígidos com tributos, mais escravos que os negros. Davam de comer à cáfila toda. Sustentavam o fidalgo, o ministro, o doutor, o escrivão, o padre; sustentavam o pedinte, o citote, o ladrão; desfaziam-se em maná, e ficavam nus e viviam nus que nem castanheiros depois de abanados. Queria saber o que lhes valia a eles e aos casacas? Era não fazerem contas. No dia em que viessem a ajuizar quanto custava um bago de pão, acabava-se o mundo.*⁴⁸

Este romance introduz elementos dissonantes ao colocar um sistema orgânico tradicional de agricultura de meio do século XX, cuja terra arável se encontra esgotada, em confronto com a apropriação dos baldios que nutrem esse sistema, num processo onde o Estado procura legitimar-se numa base ambiental.

Precisamos de encontrar modos de inscrição do meio biofísico na história rural, que considerem tanto a sua própria história ecológica, enquanto “corpo natural, independente e histórico”⁴⁹, como a reciprocidade que essa história estabelece com a história humana. Exigência que tem sido feita pela história ambiental em tempos recentes e que nos impele a adular Marcel Mauss por inserção do natural: *os fatos que estudamos são todos, permitam-nos a expressão, fatos socionaturais totais*⁵⁰. Podíamos também dizer:

*O que nós observamos (...) é uma espécie de compromisso entre, por um lado, certas orientações históricas e certas propriedades do meio ambiente e, por outro, as exigências mentais de cada época (...). Ao ajustarem-se uma à outra, estas duas ordens de realidades fundem-se e constituem então um conjunto significante.*⁵¹

O MEIO NATURAL COMO CAMPO DE POSSIBILIDADES POLÍTICAS

Apoiados na história rural interrogámos a *produção* e começámos a interrogar o *natural*. Para prosseguir vamos considerar a oposição Sociedade / Natureza, vasto tema da metafísica, da

⁴⁷ PÁDUA 2010: 94.

⁴⁸ RIBEIRO 1958: 29-30.

⁴⁹ CABRAL 1988: 89.

⁵⁰ MAUSS (2003: 309): “Os fatos que estudamos são todos, permitam-nos a expressão, fatos sociais totais ou, se quiserem – mas gostamos menos da palavra - gerais (...). Todos esses fenômenos são ao mesmo tempo jurídicos, económicos, religiosos e mesmo estéticos, morfológicos, etc. (...) Portanto, são mais que temas, mais que elementos de instituições, mais que instituições complexas, mais até que sistemas de instituições divididos, por exemplo, em religião, direito, economia etc. São ‘todos’, sistemas sociais inteiros cujo funcionamento tentamos descrever”.

⁵¹ LÉVI-STRAUSS 2010: 152.

antropologia e da história ambiental⁵², não estranho contudo à agronomia portuguesa⁵³. Desde logo, podemos especular se o questionamento recente da distinção entre as histórias humana e natural não teria antes uma velha história se Marx e Engels não tivessem rasurado no manuscrito de *A Ideologia Alemã*, 170 anos atrás, a seguinte equivalência:

*A história pode ser examinada de dois lados, dividida em história da natureza e história dos homens. Os dois lados não podem, no entanto, ser separados; enquanto existirem homens, história da natureza e história dos homens se condicionarão reciprocamente.*⁵⁴

É hoje comumente aceite que não há paisagem natural que não seja igualmente paisagem construída. Isto é verdade tanto no bosque mediterrâneo de baixa densidade arbórea que ocupa o Alentejo há alguns milhares de anos⁵⁵, e onde a partir do século XIX aperfeiçoou forma o montado enquanto modo de exploração da terra, como nos parques urbanos como o Jardim Gulbenkian, onde um bosque de elevada produtividade primária foi desenhado por uma pessoa. Que vejamos ali a *natureza* e não tanto uma obra de Gonçalo Ribeiro Telles, quando em relação ao edifício modernista inserido nesse jardim não podemos senão ver uma *arquitetura* é o retrato perfeito das dificuldades que encaramos na teorização de uma natureza política. Se somarmos o facto do primeiro arquiteto ser muito mais conhecido do que os segundos (Alberto Pessoa, Pedro Cid, Ruy d'Athouguia) a dificuldade torna-se irónica. O carácter construído do natural não desaparece nas florestas subtropicais da Guiné-Bissau que nos habituámos a tomar como coração da natureza selvagem, mas onde se desdobra afinal um sistema agroflorestal sofisticado gerido sobre dispositivos de posse da terra, conhecimento agrícola e magia⁵⁶. Mas o caso paradigmático é a Amazónia. Sobre ela acumulam-se pesquisas que mostram uma intrincada história humana e natural pré-europeia. Vista como exterioridade ecológica “intocada”, prístina, é mais claro agora que a floresta abriga desde tempos remotos sucessivas civilizações, uma história antiga do Brasil que moldou a paisagem e que fez uma ecologia amazónica⁵⁷. “A floresta que os europeus encontraram (...) era o resultado da presença de seres humanos, não de sua ausência”⁵⁸.

Esta natureza histórica é levada a um nível mais fundamental por alguns ramos da própria ciência ecológica. A teoria do equilíbrio e da sucessão natural, fundamentos da dinâmica dos ecossistemas e determinantes da forma como concebemos as comunidades vivas não-humanas, estão hoje a ser questionados. Vários trabalhos de ecologia de pastagens (*rangeland*) argumentam uma revisão da teoria ecológica, questionando a validade dos estados

⁵² eg. DANOWSKI 2014, SCARSO 2014, PÁDUA 2010.

⁵³ Na tese de doutoramento de Lima Santos (1992: 1-5) discute-se a “ocultação” das relações “entre sociedade e meio biofísico”, operada nos quadros institucionais modernos, como no caso da formação da sociologia em Durkheim, e mais profundamente na “«mundividência ocidental dominante» caracterizada pela ênfase posta na diferença entre os homens e os restantes seres vivos.”

⁵⁴ MARX & ENGELS 2007: 86-87.

⁵⁵ AGUIAR 2007.

⁵⁶ BÍVAR 2014.

⁵⁷ CLEMENT *et al.* 2015.

⁵⁸ VIVEIROS DE CASTRO 2014.

de equilíbrio, bem como da sucessão linear e única para o recobro de um ecossistema perturbado⁵⁹. O novo quadro — teoria do não-equilíbrio — prevê vários estados possíveis para um ecossistema, estáveis mas transientes, ligados por zonas de transição que respondem a dinâmicas internas e externas que deverão incluir tanto a variabilidade climática como a manipulação humana e não-humana. Trata-se de uma visão que prescreve uma processualidade diacrónica, contingente, inovadora e onde o pastor, por exemplo, deverá ser incluído como elemento ecossistémico. Enfim, um modo de olhar para a natureza muito semelhante ao olhar da história. Mais uma ilustração: no sul de Portugal, a abetarda (*Otis tarda*) é um emblema da conservação. Ave rasteira e de porte da paisagem cerealífera tem origem nas estepes russas, tornando-se habitante de uma paisagem agrícola portuguesa que se desenvolveu com a expansão secular da cultura do cereal, seu habitat em pseudo-estepes. Com o recuo desta paisagem a partir dos anos 1960, a permanência da espécie entrou em risco e como resposta foram desencadeados meios de conservação que buscam preservar a dupla abetarda-paisagem cerealífera, ambas estranhas e genuínas, exóticas e autóctones, à planície alentejana. O que impede pois que se espalhem oásis de tipo Gulbenkian pelo interior português ou se levante um montado nas encostas lisboetas, deve-se perguntar.

Alguns autores concluem mesmo que os ecossistemas não têm uma essência, apenas história⁶⁰. Um mundo natural maleável e uma coautoria humana e natural da história. Se a história deixa assim de ser um exclusivo humano, se as fronteiras entre natureza e história se dissolvem, então também a política deixa de ser unicamente “coisa de gente”. Como pensou Amílcar Cabral em relação ao solo. É este gesto, problemático, que abre de facto o horizonte de possibilidades políticas sobre o meio natural e permite considerar, por exemplo, o fim da divisão entre “conservação” e “exploração” da terra, propondo a agricultura como campo de experimentação socionatural.

Uma última chave é nos dada n’A *sociedade contra o Estado* de Pierre Clastres, investigação distante que oferece todavia dados concretos para a discussão⁶¹. A partir de uma antropologia do poder político entre os ameríndios do sul, argumenta-se contra a ideia de que estes constituiriam realidades humanas prepolíticas. Para Clastres, o que caracteriza essas sociedades sem um poder separado do corpo social não é uma falta, um subdesenvolvimento social ou uma incapacidade técnica, longe disso, elas se impõem enquanto “positividade”, como vontade manifesta de “limitar os stocks às necessidades sociopolíticas”, como “*recusa da economia*”, como interdição implícita da “desigualdade”. Vemos aí que a agricultura dos índios “dita de subsistência” não configura uma carência de excedentes agrícolas, mas afinal “sociedades de abundância”⁶². Suspendamos a interrogação do autor e façamo-la de novo para o século XX português:

⁵⁹ HESHMATI & SQUIRES 2009; GILLSON & HOFFMAN 2007.

⁶⁰ SAGOFF 2000; MATURANA & VARELA 1995.

⁶¹ CLASTRES 1979.

⁶² SAHLINS *apud* CLASTRES 1979: 190.

*O que é «subsistir»? É viver na fragilidade permanente do equilíbrio entre as necessidades alimentares e os meios de as satisfazer. (...) Não há nada mais obstinado do que esta visão da sociedade primitiva, e ao mesmo tempo nada mais falso.*⁶³

*

O conjunto de temas e questões que procurámos articular neste texto apresentam sem dúvida um aspeto inicial. Quisemos partir do espaço das ciências agronómicas e ambientais em direção a um pensamento político que nos permitisse pensar um território em crise. Mais do que detalhar a segunda metade do século XX em torno, por exemplo, das políticas comunitárias, da reforma agrária de 1975, da engenharia do solo e da biodiversidade, claramente relevantes, entendemos que é pela história dos direitos de propriedade, recuando ao século XVIII e XIX, que melhor poderemos articular, no passado e para o presente, a relação entre agricultura e natureza. De que modo as fazendas, a norte e sul, se desenvolveram contra os usos comuns da terra e os direitos usufrutuários? De que modo esta transformação condicionou novas relações, extinguindo outras, da produção agroalimentar com o meio natural? Que relações se configuraram, ou estariam hoje configuradas, em torno dos baldios? O que aconteceu aos baldios da Cuba, de Mértola ou de Tavira nos últimos três séculos, do ponto de vista do solo, dos cobertos e das formas de vida a eles relacionadas? Ou, por outra via, porque não retomar os estudos sobre estrutura de propriedade na esteira do Inquérito Económico-Agrícola de 1934 de Eduardo Lima Basto e Henrique de Barros, mas suprimindo-lhes a filiação epistemológica “nas razões abstractas do Estado e da sua riqueza” e na “emergência da economia política”⁶⁴? Os estudos e ficção de Alexander Chayanov, outro economista agrário, que nos anos 1920 soviéticos defendeu, com consequências fatais para o próprio, uma estrutura de propriedade composta por unidades de produção familiar e cooperativas agrícolas serão particularmente produtivos a confiar nas múltiplas releituras que têm sido feitas na área dos estudos rurais⁶⁵.

Na observação da dinâmica entre sociedade e natureza não nos chegam os modelos quantitativos das ciências do ambiente e da agronomia, não nos chega a sociologia rural ou a economia agrária, não nos chega, ainda, a socionatureza da história ambiental e da ecologia. É necessário convocar todos estes saberes para então os abrir, ou suspender, em torno de novos conjuntos significantes, que permitam capturar e ressignificar a ideia de “projecto-natureza” e de “resistência” avançada por Fernando Oliveira Baptista como horizonte atual da transição rural⁶⁶. A agricultura, atividade produtora de alimentos que também produz paisagem e, por sinal, natureza, é um operador privilegiado para uma reciprocidade política entre mundo humano e mundo biofísico. A agricultura como lugar de produção propício à vida, não apenas humana, que não tem de ser *económico* nem *ecológico*. A agricultura como positividade política capaz de agenciar técnicas, saberes, animais, plantas, microrganismos em pé de

⁶³ CLASTRES 1979: 11

⁶⁴ AGOAS 2010: 268

⁶⁵ SCOTT 1976; NETTING 1993; SHANIN 2009; BERNSTEIN 2009; BAPTISTA 2013; GUZMÁN & MOLINA 2013; WOORTMANN 2014.

⁶⁶ BAPTISTA 2010b.

igualdade com aquilo a que chamamos sociedades humanas. Logo, não apenas uma agricultura, antes uma natureza política, uma *vontade de natureza*, em que “tudo parece possível” como pensava Mitchurin, o pomarista de Alves Redol. Uma natureza por fazer, e por deixar que se faça.



Figura 1: Ilustração de Rogério Ribeiro n'A Vida Mágica da Sementinha (REDOL 1956).

APÊNDICE E TABELAS

O cálculo foi realizado em termos de biomassa produzida com utilidade alimentar, convertida em energia calórica, e por fim determinada uma população alimentar correspondente. A produção foi dividida em *vegetal*, repartida em *culturas temporárias e permanentes*, e *animal*. Na construção de um modelo histórico de produções agrícolas inúmeros erros podem ocorrer provenientes das próprias fontes – dados omissos, estimativas enviesadas pelo contexto de taxação, má conversão de unidades antigas, etc. – ou do percurso de cálculo, pelas opções modelares tomadas⁶⁷. Os dados mais relevantes relativos à superfície e produção encontram-se nas *Estatísticas Agrícolas* de 1957 e de 2009⁶⁸ e permitem o cálculo das produtividades médias, de cada cultura em cada ano, para Portugal.

Nas culturas temporárias são consideradas doze culturas, aquelas que a estatística de meio do século XX recenseou como *principais*. A sua superfície total em 1957 difere, por defeito, em cerca de meio milhão de hectares do valor estimado para as culturas arvenses e hortícolas por Caldas (1958)⁶⁹, que inclui pousios e culturas forrageiras, bem como outros cultivos de menor relevo excluídos das *principais*. Deste modo, o nosso valor de produção para as culturas temporárias pode ainda crescer com outras culturas não incluídas no modelo, sendo contudo expectável que tenham uma importância diminuta. Com sentido oposto, devemos considerar que perto de 30% dos cereais são empregues na alimentação animal, admitindo a relação estipulada para a produção agropecuária portuguesa em 1952/54 por Lima Santos⁷⁰. É a carne assim produzida que será consumida e não o cereal, pelo que iremos transportar para os totais finais somente 70% da produção arvense (tabela 4).

Nas culturas permanentes considerou-se a produção de vinho e azeite, assim como os dados para árvores de fruto coligidos no *Inquérito às Explorações de 1952/1954*⁷¹. Novamente, estimámos produtividades médias atuais e uma distribuição de uso do solo para 1957, tomando como base as superfícies de vinha, olival e de árvores de fruto⁷². Como não existem dados de superfície para os diferentes pomares estabelecemos uma proporção direta entre a distribuição em número de árvores do *Inquérito às Explorações*⁷³ e a distribuição em superfície. Os pomares para os quais não foi possível obter produtividades atuais foram dispensadas (9,6% das árvores em 1957). Ver tabela 5.

Para a produção animal em 1957, a *Estatística Agrícola* fornece um efetivo animal para a pecuária no continente, que inclui gado bovino, ovino, caprino, suíno, cavalar e animais de capoeira. A estatística mostra o número de reses aprovadas para consumo, com base nos matadouros, o que permite estimar a produção de carne. Em relação aos animais de capoeira

⁶⁷ MOLINA 2010.

⁶⁸ INE 1957a, 2009.

⁶⁹ CALDAS 1958.

⁷⁰ SANTOS 1996: Quadro 1.

⁷¹ INE, 1952-57b. Este inquérito recebe uma adenda em quatro volumes, com ano de publicação 1957, mas referente a 1954.

⁷² CALDAS 1958: 11-18.

⁷³ INE 1957b: 1º vol.

não existem abates registados, pelo que a produção de carne foi calculada através de relações entre efetivo e abate obtidas para sistemas de criação de tipo tradicional. Posteriormente, a produção de carne por espécie foi convertida em energia (tabela 6). Em relação ao ano de 2009 não faz sentido seguir a mesma lógica. Ao contrário da produção vegetal, que continua a depender de terra, a ocupar espaço — o incremento de fluxos exteriores não suprimiu recursos espacializados como o solo — o sector pecuário sofreu uma intensificação espacial sem paralelo, mediante a estabulação e a alimentação através de rações, consentindo hoje, virtualmente, uma pecuária sem terra. Passou-se “de uma agricultura centrada nos cereais para consumo humano, em que a produção animal estava, em boa parte, subordinada às necessidades da produção vegetal (em tração e estrumes), para uma agricultura centrada na pecuária, a cujas necessidades se subordina agora a produção cerealífera”⁷⁴. Entre 1953 e 1989, a proporção de alimentos concentrados na alimentação animal em Portugal aumentou de 8% para 43%⁷⁵, e por isso o efetivo animal de hoje não serve como indicador das potencialidades agropecuárias do território. Como alternativa, é possível atender à evolução na pecuária extensiva, bem patente nos encabeçamentos no regadio forrageiro e nas pastagens de sequeiro melhoradas, e determinar um efetivo pecuário potencial tendo por base diferentes cenários agropecuários e uma superfície alimentar do gado estimada para 1957⁷⁶. A tabela 7 apresenta cinco cenários que resultam de diferentes combinações entre regadio/sequeiro, dos quais selecionámos o cenário #4 para as nossas contas. Note-se que a componente da carne tem um contributo diminuto no cômputo energético global, inferior a 5%, nada negligenciável todavia no quadro de uma avaliação nutricional da alimentação.

O uso do solo em 1957 é dado pelo relatório de Caldas e tem por base uma classificação proposta por Eduardo de Lima Basto no *Inquérito económico-agrícola* de 1934, reiterada em *Traços principais* e usada em outras estimativas publicadas nas *Estatísticas Agrícolas*⁷⁷. Trata-se de um esquema de divisão do território que reflete a importância da produção agrícola na conceptualização da paisagem: o continente é dividido em duas partes, *superfície produtiva* e *superfície improdutiva*, que por sua vez são repartidas em *superfície cultivada*, *superfície inculta mas produtiva*, *superfície inculta mas cultivável*, *superfície social*, *superfície incultivável*. Para o ano 2009, considerámos a *Superfície Agrícola Utilizada* proposta pelo Recenseamento Agrícola de 2009⁷⁸, a *superfície incultivável* proveniente de 1957 (sensivelmente estável no tempo: rochas, planos de água, etc.), as classes *território artificializado* e *floresta* fornecidas pelo *CORINE Land Cover* para o ano 2000 e declaramos que o remanescente estaria ocupado por terrenos incultos. Como o fecho da soma em torno dos incultos fornece um valor (cerca de

⁷⁴ SANTOS 1996: 270.

⁷⁵ SANTOS 1996: 270.

⁷⁶ Superfície continental utilizada para produzir alimento para os animais, de modos diversos: pastoreio sobre pastagens, pousios, matos, restolhos e nos subcobertos florestais; produção de forragens provenientes das culturas, de frutos e folhadas. Não encontrando nenhuma estimativa para esta superfície avançámos uma própria (2.565 mil há) que soma os 810 mil hectares de *superfície inculta mas produtiva* com 1/3 da *superfície inculta mas cultivável* (201 mil ha), metade dos montados (500 mil ha) e 1/3 da superfície arvense e hortícola (1.052 mil ha).

⁷⁷ São 7 estimativas continentais, de diferentes autores, no período 1875-1957 que fornecem uma evolução do uso do solo português.

⁷⁸ INE 2009.

20% da superfície continental), que vai de encontro a outras estimativas, quer de Baptista quando escreve que os incultos ocupam, em 2010, “mais de um quinto da área do Continente”⁷⁹, quer do próprio CLC2000 se fizermos equivaler os incultos à categoria *vegetação arbustiva e herbácea* (sem uso agrícola ou florestal), damos por válida a estimativa apurada.

Tabela 2: Uso do solo em 1957 para o continente português (x1000 ha). A Superfície Agrícola Utilizada soma as classes de usos incluídas na sua definição atual. 1a - Inclui pousios e culturas forrageiras; 1e - Corresponde aos matos e pastagens naturais, incluindo baldios; 2 - Pântanos drenáveis e serras arborizáveis; 4 - Inclui afloramentos rochosos, areais e pântanos, rios e linhas de água.

Superfície continental (1+2+3+4+5)	8886	100%
1. Superfície Agrícola Utilizada	4940	56%
Culturas arvenses e hortícolas (a)	3160	64%
Vinhas (b)	360	7%
Olivais (c)	420	9%
Árvores de Fruto (d)	190	4%
Superfície inculta mas produtiva (e)	810	16%
2. Superfície inculta mas cultivável (incultos)	604	7%
3. Superfície social – urbano	174	2%
4. Superfície incultivável	668	8%
5. Superfície florestal	2500	28%
Montado de Sobre e Azinho	1000	40%
Regadio	420	
Sequeiro	4520	

Tabela 3: Uso do solo em 2009 para o continente português (x1000 ha).

Superfície continental (1+2+3+4)	8886	100%
1. Superfície Agrícola Utilizada	3542	40%
Terras aráveis (a)	1159	33%
Culturas permanentes (b)	686	19%
Pastagens permanentes (c)	1678	47%
Horta familiar (d)	18	0,5%
2. Incultos	1788	20,1%
3. Superfície incultivável	668	8%
3. Territórios artificializados	444	5,0%
4. Florestas	2444	28%
Regadio	540	
Sequeiro	3002	

⁷⁹ BAPTISTA 2010b: 165.

Tabela 4: Produção vegetal – culturas temporárias. (a) Como não há dados atuais para a fava considerou-se uma produtividade média entre a fava de sequeiro e a de regadio.

	1957		2009		Produção potencial	
	Superfície (ha)	Produtividade (kg/ha)	Superfície (ha)	Produtividade (kg/ha)	(ton)	(10 ⁶ kcal)
Trigo	813.859	979	173.531	2.303	1.874.493	6.373.277
Milho	483.070	885	109.070	6.402	3.092.695	11.937.804
Centeio	254.681	796	21.323	1.042	265.311	888.792
Arroz	37.925	4.269	26.334	5.722	217.002	776.868
Aveia	308.824	437	48.670	1.169	360.976	1.404.196
Cevada	155.073	708	40.628	1.804	279.771	990.390
Fava	57.691	807	-	2.000 ^a	115.382	103.844
Feijão	328.066	150	5.949	492	161.303	500.040
Grão-de-bico	49.086	405	1.114	587	28.817	104.894
Batata	89.702	13.337	36.457	13.695	1.228.503	859.952
Totais	2.577.977				7.623.622	23.937.907

Tabela 5: Produção vegetal – culturas permanentes para os anos 1957 e 2009.

		1957	2009			Produção potencial	
		Superfície (ha)	Superfície (ha)	Produção (ton)	Produtividade (kg/ha)	(ton)	(10 ⁶ kcal)
Citrinos	Laranja	15.580	20.067	201.592	10.046	156.516	98.605
	Tangerina	2.090	4.237	64.369	15.192	31.752	16.828
	Toranja	190	27	282	10.444	1.984	754
	Limão	1.710	979	12.050	12.308	21.047	4.209
Frutos frescos	Ameixa	10.830	1.965	21.026	10.700	115.884	53.307
	Cereja	6.460	6.258	11.227	1.794	11.589	7.301
	Damasco	1.330	568	5.034	8.863	11.787	5.658
	Figo	35.530	7.038	3.010	428	15.195	11.245
	Maça	19.380	20.625	280.078	13.580	263.171	136.849
	Pêra	14.440	12.820	249.109	19.431	280.588	162.741
	Pêssego	14.060	5.763	54.255	9.414	132.366	51.623
Frutos secos	Amêndoa	37.810	38.444	12.454	324	12.249	70.430
	Avelã	950	527	438	831	790	4.958
	Castanha	9.690	30.456	20.752	681	6.603	14.063
	Noz	1.710	3.159	4.116	1.303	2.228	14.571
Vinho		360.000	179.880	5.710.715 (hl)	3.175 (l/ha)	11.429.024 (hl)	948.609
Azeite		420.000	336.566	414.687 (hl)	123 (l/ha)	517.487 (hl)	419.165
Totais		951.760	669.379				2.020.917

Tabela 6: Produção animal em 1957. Na ausência de um padrão para a conversão para Cabeças Normais, utilizaram-se fontes complementares ponderadas. As bases foram a *Tabela de conversão em cabeças normais* publicada em Diário da Republica (Portaria nº 55/2015 de 27 de Fevereiro de 2015) e a obra *Pastagens do Alentejo* (SERRANO 2006)

Espécie animal	Cabeças Naturais	Cabeças Normais	Peso limpo (tonelada)	Energia (10 ⁶ kcal)
Bovino	895.489	805.940	32.527	71.559
Ovino e caprino	4.400.019	792.003	10.503	16.805
Suíno	1.418.616	496.516	38.723	135.531
Equino	68.175	68.175	2.610	3.471
Muar	126.266	113.639	3.546	4.716
Asinino	232.497	116.249	3.627	4.824
Galináceos	7.386.157	103.406	22.535	33.803
Patos	191.113	2.676	325	780
Perus	212.071	5.938	1.188	1.805
Pombos	875.764	6.130	788	1.119
Coelhos	2.090.508	29.267	11.289	14.675
Ovos de aves	-	-	19.204	27.462
Totais		2.539.939	146.864	316.549

Tabela 7: Encabeçamentos para diferentes cenários técnicos de exploração da superfície alimentar de gado de 1957. Para o cenário #0 reduziu-se em 8% o encabeçamento de 1957, equivalente ao gado já alimentado com concentrados.

Cenários	Cabeças Normais (CN)	CN/ha
#0. Em 1957	2.336.744	0,9
#1. Somente pastagens de sequeiro	1.795.267	0,7
#2. 90% pastagem de sequeiro e 10% forragens em regadio	2.256.907	0,7/2,5
#3. Somente pastagens de sequeiro melhoradas	2.564.667	1,0
#4. 60% pastagem de sequeiro, 30% pastagens sequeiro melhoradas e 10% regadio melhorado	2.872.427	0,7/1,0/4,0

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁGOAS, Frederico (2010) - *Saber e poder. Estado e investigação social agrária nos primórdios da sociologia em Portugal*. Lisboa: Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa. Tese de doutoramento.

AGUIAR, Carlos, AZEVEDO, João (2011) - *A floresta e a restituição da fertilidade do solo nos sistemas de agricultura orgânicos tradicionais do NE de Portugal no início do séc. XX*. In TERESO, J. Pedro, coord. - *Florestas do Norte de Portugal: História, Ecologia e Desafios de Gestão*. Porto: InBio.

AGUIAR, Carlos, PINTO, Bruno (2007) - *Paleo-história e história antiga das florestas de Portugal Continental – Até à idade média*. In SILVA, J. Sande, coord. - *Floresta e Sociedade. Uma história em comum*. Lisboa: Público, LPN, FLAD, p. 15-53.

BAIROCH, Paúl (1989) - *Les trois révolutions agricoles du monde développé: rendements et productivité de 1800 a 1985*, «Annales», vol. 44, p. 317-353.

BAPTISTA, Fernando Oliveira Baptista (1994) - *A agricultura e a questão da terra - do Estado Novo à Comunidade Europeia*. «Análise Social», vol. 29, p. 907-921.

____ (2001) - *Declínio de um tempo longo*. In *Agriculturas e territórios*. Oeiras: Celta, p. 9-37.

____ (2004) - *Espanha e Portugal. Um século de Questão Agrária*. In FREIRE, Dulce, coord. - *Mundo Rural. Transformação e resistência na Península Ibérica (Século XX)*. Lisboa: Colibri, p. 15-51

____ (2010a) - *Alentejo: a questão da terra*. Castro Verde: 100Luz.

____ (2010b) - *O espaço rural: declínio da agricultura*. Lisboa: Celta.

____ (2013) - *O Destino Camponês*. Castro Verde: 100Luz.

BELO, Carlos Carmona (2009) - *Montado*. In PEREIRA, Henrique Miguel, coord. - *Ecossistemas e bem-estar humano: avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*. Lisboa: Escolar Editora, p.251-293.

BERNSTEIN, Henry (2009) - *V.I. Lenin and A.V. Chayanov: looking back, looking forward*. «Journal of Peasant Studies», vol. 36:1, p. 55-81.

BÍVAR, Manuel (2014) - *Os chãos dos bafados: memória, território e posse da terra em Quinara, sul da Guiné-Bissau*. Niterói: Editora da Universidade Federal Fluminense.

CABRAL, Amílcar Lopes (1988 [1951]) - *O problema da erosão do solo. Contribuição para o seu estudo na região de Cuba (Alentejo)*. In AAVV - *Estudos agrários de Amílcar Cabral*. Lisboa: IICT. Bissau: INEP.

CALDAS, Eugénio de Castro (1958) - *Relatório Final Preparatório do II Plano de Fomento - 2) Agricultura, Silvicultura e Pecuária*. Lisboa: Imprensa Nacional. 1958.

CARMO, Isabel do (2013) - *Alimentação humana: saúde, ambiente e igualdade*. In SANTOS, J. Lima, coord. - *O Futuro da Alimentação: Ambiente, Saúde e Economia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

CLASTRES, Pierre (1979 [1974]) - *A sociedade contra o Estado, Investigações de antropologia política*. Porto: Afrontamento.

CLEMENT, Charles R. et al (2015) - *The domestication of Amazonia before European conquest*. «Proceedings R. Soc. B», vol. 282.

COSTA, Joaquim Vieira Botelho da (1944) - *Apointamentos de agrologia*. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia.

CRONON, William (1992) - *A Place for Stories: Nature, History, and Narrative*. «The Journal of American History», vol. 78, n. 4, p. 1347-1376.

CUNHAL, Álvaro (1968) - *A Questão Agrária em Portugal*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira.

DANOWSKI, Déborah; VIVEIROS DE CASTRO, Eduardo (2014) - *Há mundo por vir? Ensaio sobre os medos e os fins*. Florianópolis: Cultura e Barbárie.

DIAS, Bruno Peixe; NEVES, José, org. e introd. (2010) - *A Política dos Muitos, Povo, Classes e Multidão*. Lisboa: Tinta da China.

FEIO, Mariano (1998) - *A evolução da agricultura do Alentejo Meridional. As cartas agrícolas de G. Perry*. Lisboa: Colibri.

FERREIRA, Fátima Sá e Melo (2004) - *Modernização e conflito no Mundo Rural do séc. XIX: politização e “política popular” na Maria da Fonte*, «História – Revista da Faculdade de Letras», III, vol. 5, p. 31-49. Porto.

FONSECA, Ana (2004) - *O montado no Alentejo (século XV a XVIII)*. Lisboa: Edições Colibri.

FOUCAULT, Michel (2010 [1994]) – *A «governamentalidade»*. In DIAS, B. Peixe; NEVES, José, coord. – *A política dos Muitos. Povo, classes e multidão*. Lisboa: Tinta-da-china e Fundação EDP, p. 113-135.

GILLSON, Lindsey; HOFFMAN, Timm (2007) - *Range land ecology in a changing world*. «Science», vol. 315.

GOMES, Mário de Azevedo; BARROS, Henrique de; CALDAS, Eugénio de Castro (1944) - *Traços principais da evolução da agricultura portuguesa entre as duas guerras mundiais*. «Revista do Centro de Estudos Económicos», n. 1, p. 21-203.

GUZMÁN E. Sevilla; MOLINA, M. González de (2013) – *Sobre a evolução do conceito de campesintao*. São Paulo: Editora Expressão Popular.

HESHMATI, Ali; SQUIRES, Victor (2009) - *New thinking in range ecology*. «Range and animal sciences and resources management», vol. 2.

INE (1957a, 1968, 2009, 2010) - *Estatísticas Agrícolas*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.

INE (1952, 1953, 1954, 1957b.) - *Inquérito às Explorações Agrícolas do Continente 1952/54*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.

INE (2009) - *Recenseamento Agrícola 2009*, Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.

LAINS, Pedro (1998) - *Estatística e produção agrícola em Portugal, 1848-1914*. «Análise Social», vol. 33, p. 935-968.

____ (2004) - *Vinho novo em garrafas velhas: crescimento agrário em Portugal, 1850-1950*. «Análise Social», vol.39, p.63-93.

LÉVI-STRAUSS, Claude (2010 [1983]) - *Estruturalismo e ecologia*. In *O olhar distanciado*. Lisboa: Edições 70.

MARX, Karl; ENGELS, Friedrich (2007) - *A ideologia alemã: crítica da mais recente filosofia alemã em seus representantes Feuerbach, B. Bauer e Stirner, e do socialismo alemão em seus diferentes profetas (1845-1846)*. São Paulo: Boitempo Editorial.

MATURANA, Humberto; VARELA, Francisco (1995) - *A árvore do conhecimento: As bases biológicas do conhecimento humano*. São Paulo: Psy.

MAUSS, Marcel (2003 [1925]) - *Ensaio sobre a dádiva*. In *Sociologia e antropologia*. São Paulo: Cosac Naify.

MOLINA, Manuel Gonzalez de et al. (2010) - *Guideline for constructing nutrient balance in historical agricultural systems*, «Documentos de Trabajo» da Sociedad Española de Historia Agraria, 10-08.

NETTING, Robert. McC. (1993). *Smallholders, Householders. Farm families and the ecology of intensive, sustainable agriculture*. California: Stanford University Press.

NEVES, José (2007) - *O comunismo mágico-científico de Alves Redol*. «Etnográfica», vol.11.

PÁDUA, José Augusto (2010) - *As bases teóricas da história ambiental*. «Estudos avançados», vol.24, n.68, p.81-101.

PREGO, João da Motta (1898) - *Guia Prático para o emprego dos adubos em Portugal*. Lisboa: Typographia Universal.

RADICH, Maria Carlos (2000) - *A floresta no Portugal oitocentista*. In Radich, M.C; ALVES, A. Monteiro - *Dois séculos da floresta em Portugal*. Lisboa: CELPA, p.7-108.

____ (2001) - *Gados e territórios. Portugal (1871-1873)*. In BARREIRA, Madalena; JORGE, Raul, coord. - *Agricultura, economia e sociedade. Ensaio em homenagem ao Prof. Fernando Estácio*. Lisboa: ISA, p. 449-461.

____, BAPTISTA, Fernando Oliveira (2010) - *Tecnologia tradicional: identificação e declínio*. In SARAIVA, Clara, coord. - *Caminhos e Diálogos da Antropologia Portuguesa, Homenagem a Benjamim Pereira*. Viana do Castelo: Câmara Municipal.

REDOL, Alves (1956) - *A Vida Mágica da Sementinha – Uma breve história do trigo*. Alfragide: Editorial Caminho.

RIBEIRO, Aquilino (1958) - *Quando os lobos uivam*. Lisboa: Bertrand.

RICARDO, Rui Pinto (1988) - *O trabalho como pedologista I*. In AAVV - *Estudos agrários de Amílcar Cabral*. Lisboa: IICT. Bissau: INEP.

- RUSSO, C. Simões; TAVARES, H. Matos; FERREIRA, M. Alves (1950) - *Inquérito Agrícola e Florestal. Concelho de Mértola (volume 28)*. Plano de Fomento Agrário.
- SAGOFF, Mark (2000) - *Ecosystem design in historical and philosophical context*. In PIMENTEL, David, coord. - *Ecological Integrity: Integrating Environment, Conservation, and Health*. Washington DC: Island Press.
- SANTOS, José Lima (1992) - *Mercado, Economia e Ecossistemas no Alto Barroso: um estudo de sistemas de aproveitamento de recursos naturais*. Montalegre: Câmara Municipal.
- _____(1996) - *Modelo técnico, espaço e recursos naturais. Os balanços energéticos da agricultura portuguesa (1953 e 1989)*. «Anais do Instituto Superior de Agronomia», vol. 45, p. 263-288.
- _____(2013a) - *Agricultura e Ambiente: papel da tecnologia e das políticas públicas*. In SANTOS, J.L., coord. - *O Futuro da Alimentação: Ambiente, Saúde e Economia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- SANTOS, Joaquim Quelhas dos (2013b) - *A descoberta dos adubos minerais e a sua divulgação em Portugal*. «Revista de Ciências Agrárias», vol.36, p. 104-122.
- SCARSO, Davide (2014) - *Pensar a natureza na época do Antropoceno*. «Imprópria. Política e pensamento crítico», n.4, p. 52-61.
- SCOTT, James C. (1976) – *The Moral Economy of the Peasant. Rebellion and subsistence in the Southeast Asia*. New Haven and London: Yale University Press,
- SERRANO, Joaquim (2006) - *Pastagens do Alentejo. Bases técnicas sobre caracterização, pastoreio e melhoramento*. Évora: Universidade de Évora.
- SHANIN, Teodor (2009) - *Chayanov's treble death and tenuous resurrection: an essay about understanding, about roots of plausibility and about rural Russia*. « Journal of Peasant Studies», vol. 36:1, p. 83-101.
- SOUSA, Paulo Silveira e (2004) - *A Produção de Estatística Agrícola e a Construção do Estado Liberal (1834-1926)*. «ICS – Estudos e Relatórios», n.4, Lisboa,
- VALENTE, V. Cardoso; RAIMUNDO, J. Valente; DURÃO, R. Peres (1950) - *Inquérito Agrícola e Florestal. Concelho de Odemira (volume 30)*. Plano de Fomento Agrário.
- VIVEIROS DE CASTRO, Eduardo (2014) - *Amazónia Antropizada*. «Piseagrama». Brasil.
- WILLIAMS, Raymond (2011 [1980]) - *Ideias sobre a natureza*. In *Cultura e Materialismo*. São Paulo: UNESP.
- WOORTMANN, Klass (2014) – *O modo de produção doméstico em duas perspectivas: Chayanov e Sahlins*. In CARVALHO H.M., coord. - *Chayanov e o Campesinato*. São Paulo: Editora Expressão Popular.

CONCLUSÕES

Nesta dissertação estabelecemos um arco cronológico de análise, ou sucessão de arcos, entre o último quartel do século XIX e o início do século XXI, para o estudo dos sistemas de cultivo em Portugal, tendo por base de trabalho as ciências do solo e a história agrícola e rural portuguesa. No âmbito mais geral, é a relação entre os temas natureza, agricultura e território que enquadra esta pesquisa. Procurámos estabelecer ao longo dos três artigos, que apresentam naturalmente desenvolvimentos e sínteses particulares, uma continuidade na evolução dos sistemas de cultivo estruturada em três períodos de estudo consecutivos e parcialmente sobrepostos, de 1873 a 1960, a década de 1950 e do final desta a 2009.

A década de 1950 destacou-se como momento fundamental para compreender a transformação dos sistemas de cultivo ao longo do período examinado, de mais de um século, e por tal integrou sempre os diferentes trabalhos realizados. Constituiu, realmente, um período de acumulação de tensões produzidas por transformações diversas cuja origem remonta à segunda metade do século XIX e que são por fim dissipadas – ou apenas transformadas, suspensas – na passagem para a década de 1960.

Nos dois primeiros trabalhos, parte I e II, estreitamente ligados no objeto de estudo mas não nos métodos, reconstruímos a evolução dos sistemas de cultivo ao longo de cerca de 80 anos na perspetiva da evolução da fertilidade do solo e da sua reprodução ou, mais especificamente, do conflito entre o movimento de expansão e intensificação agrícola e os fenómenos resultantes de degradação do solo por erosão e desequilíbrio em nutrientes. De maneira inversa, podemos ver nesses dois artigos a tentativa de extrair e problematizar a evolução longa do solo – encarado como corpo natural, independente e histórico, como definiu Amílcar Cabral em 1951 – a partir da evolução conjunta dos sistemas de cultivo e das ciências agrárias. Logo, uma história da agricultura a partir do solo e vice-versa.

Emergiu, assim, um conjunto de processos imprescindíveis para compreender a história agrícola e, por essa via, o desenvolvimento mais global da história portuguesa. As dinâmicas do azoto e do fósforo, nas suas dimensões quer biofísicas quer sociais, aparecem como aspetos chave para explicar os avanços e recuos da agricultura portuguesa durante a primeira metade do século XX, os limites ecológicos que enfrentou e que foram experienciados socialmente, tanto nos sistemas de cultivo, como no Estado e nas instituições agrícolas, e o próprio desenvolvimento das ciências do solo e da nutrição de plantas em Portugal.

Em 1873 metade do país estava inculto, ocupado por matos e pastos, que eram, em parte, ciclicamente queimados, roçados e lavrados para se obterem duas ou três searas consecutivas, no fim das quais voltavam os animais e depois os matos. Era, ainda, a agricultura itinerante que Albert Silbert tinha descrito para o início de oitocentos enquanto “modo de vida extensivo”, ou “wasteland way of life” na tradução para inglês de Rui Santos e Maria José Roxo. A expansão agrícola, que aparentemente estava já em curso nesse ano de

1873, não mais parou até ao final da década de 1950, onde a área cultivada atingiu um recorde histórico, nunca antes alcançado e nunca mais repetido. Nos anos 1950 os incultos tinham desaparecido e as culturas arvenses cobriam o país de lés-a-lés. Este movimento de expansão foi acompanhado por outros movimentos de transformação no uso do solo, que resultaram globalmente no aumento da erosão e no esgotamento progressivo do solo até aos anos 1960.

Como vimos, a agricultura portuguesa saltou a *revolução* da substituição dos pousios por culturas forrageiras, fixadoras de azoto e/ou impulsionadoras da produção de estrumes, diretamente para a *revolução* da fertilização química azotada. Mas este salto não se deu num instante. Correspondeu a um período de transição com várias décadas em que, perante o difícil acesso ou viabilidade técnico-económica dos adubos azotados até ao final dos anos 1940, se assiste a um esforço do lado dos sistemas e tecnologias orgânicas de intensificação da capacidade fertilizante, de desenvolvimento de novas vias orgânicas, como registado na condução de lixos e esgotos para os campos, e de investigação agrária em forragens e pastagens adequadas às rotações do trigo. Durante todo este período, que se prolonga entre a última década de oitocentos e a década de 1950, os sistemas de cultivo estiveram pressionados por uma carência sistémica em azoto que governou o movimento geral de expansão e intensificação, com importantes diferenças do norte para o sul. Na região do Minho, a exceção, esta carência não se terá verificado.

No que se refere ao fósforo, a fertilização química iniciou-se no final do século XIX permitindo desde essa altura uma significativa restituição deste elemento ao solo. O protagonismo histórico do fósforo nos sistemas de cultivo tomou assim, globalmente, uma feição distinta e contrária à do azoto ao favorecer o alargamento dos cultivos a solos de menor produtividade, de outro modo sem cultivos devido à baixa rentabilidade dos mesmos. Foi isto que se observou nas arroteias das terras galegas do Alentejo onde a partir da década de 1890 se concentram as adubações fosfatadas. Em Trás-os-Montes, já no século XX, o fósforo começou por ser aplicado também nas terras de cereal de encosta, menos produtivas, ficando as restantes sujeitas às estrumações, e mais tarde como suporte à expansão do cultivo de batata. A fertilização com superfosfato veio, portanto, promover o alargamento e intensificação das culturas em terras cujo cultivo estava anteriormente condicionado pela qualidade inferior dos solos e pela capacidade limitada das estrumações. Com uma agravante: o alargamento dos cultivos com apoio exclusivo do fósforo, sobre solos anteriormente incultos ou sobre pousios em rotações intensificadas, movimento que configura o essencial da expansão agrícola entre 1873 e 1960, acentuou o desequilíbrio em azoto no solo que não pôde ser compensado pelo baixo crescimento nas fontes orgânicas e químicas deste elemento até à década de 1950.

A manutenção desta contradição entre disponibilidades de fósforo e azoto por um período tão largo foi possível pela contínua mineralização do azoto orgânico contido na matéria orgânica do solo e biomassa vegetal acumulada nas terras incultas e de pastoreio trazidas sucessivamente à cultura. Foi a charneca a sul e o monte a norte que sustentaram, com auxílio do superfosfato, a expansão da fronteira agrícola e a manutenção da produtividade da terra

entre o final do século XIX e a década de 1930, quando as arroteias estão em grande parte terminadas. Daqui em diante, a expansão continua sobre o que resta de charneca e aumenta a pressão sobre os pousios, que todavia resistem uma vez que são indispensáveis, até aos anos 1950, como forma de restituir algum azoto ao solo por vias atmosféricas. Como dissemos antes, “the long permanence of fallow was the result of a long transition from organic to chemical technologies.”

A disseminação dos fertilizantes químicos libertou os sistemas de cultivo da gestão interdependente do uso do solo. O consumo de adubos azotados começou a crescer nas primeiras décadas do século XX e superou o fornecimento de azoto ao solo pelo conjunto das vias orgânicas nos últimos anos de 1950. A predominância química do fósforo fora estabelecida, muito provavelmente, na década de 1920, enquanto a fertilização potássica mantinha-se ainda maioritariamente orgânica na viragem para a década de 1960. Na produção animal, os anos 1950 marcam igualmente, como concluímos na parte II, o início de um crescente uso de rações concentradas na alimentação em substituição das pastagens e forragens. O metabolismo territorial de nutrientes que sustentou durante séculos a reposição dos nutrientes no solo dava por fim lugar aos adubos e a conexão agro-silvo-pastoril que o organizava desconjuntava-se nas suas três componentes produtivas, gradualmente autonomizadas: agricultura, floresta e pecuária.

Em suma, no decurso do desenvolvimento gradual de limitações biofísicas – desdobradas enquanto escassez de espaço, de nutrientes e de solo – as tecnologias orgânicas e químicas defrontaram-se enquanto soluções para abastecer de nutrientes a agricultura portuguesa, até que, com o final da segunda guerra mundial, se começa a definir uma clara vencedora no contexto da degradação acentuada das condições de fertilidade. Mesmo do lado da agronomia mais inclinada a valorizar a fertilização orgânica admite-se, logo em 1939, a vida a prazo desta tecnologia, afirmando-se no entanto a sua futura importância para “o estudo da fertilidade permanente”¹.

A má fama da Campanha do Trigo é merecida mas não exclusiva. Corresponde a um período de generalização e agudização de processos que estavam já em curso, mesmo nas zonas sem trigo, e que podemos sintetizar assim: a expansão paulatina dos espaços cultivados com intensificação das rotações resultou numa maior erosão e na desarticulação crescente da capacidade fertilizante orgânica, apenas parcialmente compensada pela química. A Campanha do Trigo corresponde também a um período de emergência e multiplicação de discursos técnicos e científicos sobre o solo que amplificaram a relação entre *degradação* e *Campanha*, empolando a responsabilidade desta.

Da década de 1950 em diante torna-se manifesto um conjunto de transformações nas relações e formas que constituíam até então a agricultura e o território português. A transformação agrícola e rural em curso progride agora sob novos moldes até à actualidade,

¹ Melo, L. Mercês, *Aspectos da questão da matéria orgânica dos solos agrícolas*. Palestras Agronómicas I, 1939.

configurando, no essencial, uma dissociação territorial e produtiva. Tratou-se da efectivação do modelo químico-mecânico na agricultura, cuja componente mecânica se manifesta de forma decisiva na década de 1960, em relação com a crescente mercantilização e especialização da produção e dos meios de produção agrícolas, pecuários e florestais, no quadro mais geral do desenvolvimento das relações de mercado e do capitalismo agrário.

Quando se compara a produção agrícola dos anos 1957 e 2009 (reduzida a unidades calóricas) é patente uma redução na produção continental, que resultou do decréscimo da superfície agrícola contrabalançado pelo aumento da produtividade unitária, porém não suficiente para anular a redução na primeira. A segunda metade do século XX viu a produtividade aumentar e a produção diminuir, enquanto a primeira metade tinha visto as produtividades constantes – no que se refere aos cereais – e a produção aumentar. Por outro lado, se a história agrícola que escrevemos para as primeiras décadas de novecentos releva o papel da técnica e do biofísico no desenvolvimento geral da agricultura, a história agrícola de 1960 em diante parece indicar que a questão agrícola e alimentar, as transformações no território e no uso do solo, deixaram de se conformar, de forma decisiva, sobre um “eixo técnico-natural”, como discutimos na parte III.

Durante as primeiras décadas do século XX, a questão agrária debate-se maioritariamente sobre o conjunto de possibilidades técnicas e naturais, como plano determinante da transformação dos campos (a própria reestruturação da propriedade rural é pensada como técnica agrária para uso estatal), quadro este que passa, cada vez mais, a incorporar perspectivas económicas: limites de rentabilidade do trigo, zonamento do custo de produção, planeamento da exploração por classes de produtividade do solo, contas de exploração e contas de cultura, gestão eficiente da empresa agrícola, integração da agricultura no desenvolvimento económico, níveis de desenvolvimento agrícola do território. Todos estes temas surgem nas publicações de agrónomos a partir dos anos 1930, tornando-se preponderantes nos anos 1950 e decisivamente na década seguinte com a afirmação da disciplina de economia agrária.

Frederico Ágoas defendeu recentemente que a filiação epistemológica da economia agrária, ao longo da primeira metade do século XX, “nas razões abstractas do Estado e da sua riqueza (...) estará certamente relacionada com a sua história enquanto disciplina e com as condições de emergência da economia política, não tanto como ciência mas como área de intervenção do próprio Estado.”²

A “battaglia del grano” do fascismo italiano que inspirou a Campanha do Trigo e o belicismo dos seus lemas – “O trigo da nossa terra é a fronteira que melhor nos defende” – deu lugar à “batalha dos mercados” no III Plano de Fomento (1968-1973), como símbolo dos novos objectivos da agricultura nacional sintetizados na necessidade de “alcançar a máxima

² Ágoas, F., *Saber e poder. Estado e investigação social agrária nos primórdios da sociologia em Portugal*, Lisboa: Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa. Tese de doutoramento, 2010, p. 267-68.

rentabilidade do processo produtivo, a fim de [as empresas agrícolas] poderem remunerar justamente os factores de produção”.³

Para entender esse corte em dois do século XX português, como discutido na introdução, seria necessário procurar e aprofundar, em trabalhos futuros, eventuais continuidades ignoradas que possam revelar as qualidades dessa descontinuidade. Uma possibilidade é fazer histórias do território e da agricultura a partir dos seus espaços marginais, aquilo e aqueles que estão mais longe da “produção” e dos “mercados” e que poderão revelar, nessa condição, uma imagem em negativo dos mesmos e a possibilidade de um olhar exterior e estranho.

A história da charneca, dos montes e dos baldios parece-nos um bom caminho. Começar por interrogar historicamente o desdém que a primeira agronomia lhes oferece. Os espaços designados por incultos começaram a desaparecer no final do século XIX, atingem mínimos no anos 1950 e voltam a reaparecer na década seguinte nas primeiras áreas agrícolas abandonadas, progredindo até atingir em 2009 cerca de 20% do território continental. Estes novos espaços por cultivar são cobertos arbustivos ou herbáceos, sem usos agrícola ou florestal, normalmente designados por matos, que estão agora desprovidos das suas anteriores funções de provisão de nutrientes aos sistemas de cultivo, de lenhas e outros produtos. A elevada densidade de biomassas combustíveis destes espaços, junto do crescimento importante das florestas plantadas com *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus*, estão diretamente relacionados com o incremento das ocorrências e da intensidade dos incêndios rurais.

Este fenómeno é notório desde os anos 1980 e tem hoje, com a entrada do século XXI, uma performance e consequências catastróficas. Note-se, para reflexão futura, as semelhanças entre o mapa das “Principais Zonas do País Degradadas pela Erosão” apresentado no documentário de 1952 de Adolfo Coelho e o mapa do total de áreas ardidas entre 1990 e 2017 (ver Figura 1). Qual a relação, a existir, entre as duas manchas? Por sua vez, o curto ciclo atual de retorno do fogo rural e o aumento da dimensão média das áreas ardidas são promotores de taxas de erosão elevadas após a passagem do fogo, que nos faz colocar a hipótese de um ciclo vicioso entre degradação do solo e fogo nas serras portuguesas ao longo do século XX. Há, portanto, uma rede de efeitos entre agricultura, solo, êxodo e fogo, que merece estudo aprofundado, do qual poderão surgir perspetivas técnicas, ambientais e políticas inovadoras sobre problemas atuais.

Por fim, se a variação em superfície do espaço agrícola não demanda, necessariamente, o alargamento ao mundo biofísico das categorias “social” e “política” usadas na história portuguesa, a observação da dinâmica do solo, variação *em profundidade* (ou vertical, como definimos na parte III) do espaço agrícola, obriga à incorporação na dinâmica histórica de tipologias relacionais não humanas, historicamente desvalorizadas ou apenas incompreendidas. O espaço, ou a terra, deixam assim de se constituir como cenário, opaco, percorrido por camponeses, tractores e mercados, ganhando novas complexidades e um

³ Vd. Baptista, F. O., *A política agrária do Estado Novo*, Edições Afrontamento, 1993, p. 47-50, 159-181.

inesperado protagonismo. Quando se trata da erosão do solo ou do esgotamento em azoto podemos insistir, ainda, no carácter passivo do solo perante a acção do agricultor, mas quando se trata de um fogo que, como hoje, engole pessoas, aldeias e floresta à velocidade de alguns milhares de hectares por hora, e cuja explicação remete para uma malha complexa e indecisa de relações, de génese global e local, social e biofísica, é difícil não lhe reconhecer, ao fogo, uma agência histórica. Na nossa opinião, estas mudanças conceptuais terão de responder às necessidades concretas e algo urgentes de reavaliação e reformulação de um território sob uma crise multifacetada.

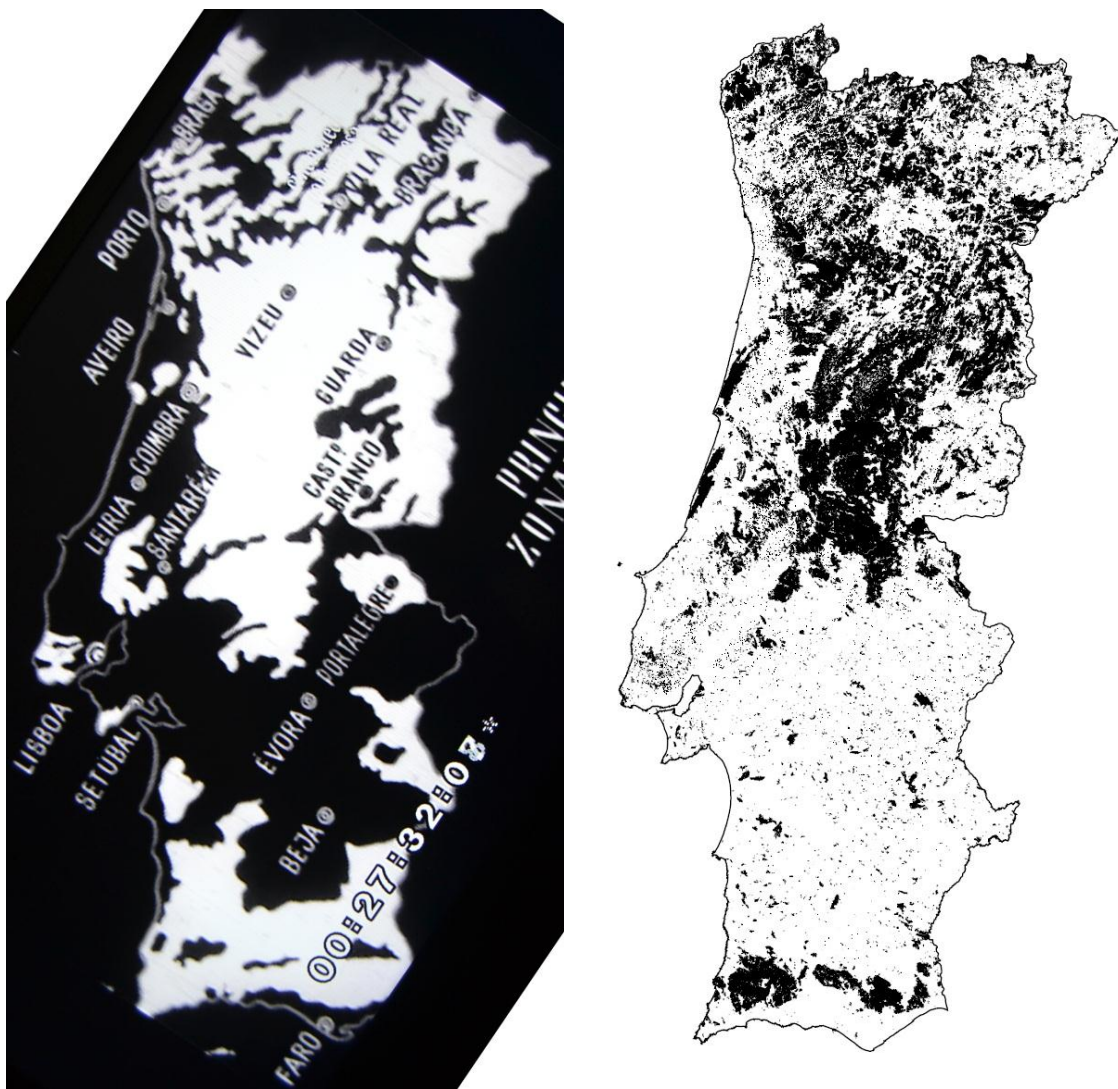


Figura 1: Esquerda: Imagem final do filme documental *E tudo a água levou – A erosão, problema nacional*, 1952, 28'. Fonte: versão digital disponível no ANIM (Arquivo Nacional da Imagem em Movimento, Cinemateca Portuguesa). Direita: Áreas ardidas entre 1990 e 2017 a partir da sobreposição das áreas anuais disponibilizadas pelo Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (<http://www2.icnf.pt/portugal/florestas/dfci/inc/info-geo>, acedido a 10 Julho de 2018).

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho contou com o apoio de várias pessoas e instituições às quais gostaria de agradecer publicamente. Em primeiro lugar, quero agradecer à Maria Isabel Ferreira por ter sabido desafiar-me na primavera de 2012 a candidatar-me a doutoramento, por ter aceite a coorientação desta tese, e pelo contínuo encorajamento. Quero agradecer igualmente ao Tiago Domingos que na qualidade de orientador acompanhou de perto o desenvolvimento científico dos trabalhos, aos quais entregou sempre um rigor e uma curiosidade sem igual.

Gostaria de agradecer aos investigadores de Sevilha do Laboratório de História dos Agroecossistemas, Manuel Molina, Roberto García-Ruiz, Gloria Guzmán, David Soto e Juan Infante-Amate pelo acolhimento repetido em seminários e congressos em Espanha e pelo desenvolvimento de um campo de pesquisa capital para o presente trabalho. Por esta razão quero agradecer também a José Augusto Pádua, cuja disciplina Natureza e História frequentei na Universidade Federal do Rio de Janeiro no final de 2014, ao qual devo debates e bibliografia essenciais.

Gostaria de agradecer também as breves mas oportunas discussões, na fase inicial, com Fernando Oliveira Baptista, Ana Novais e Maria João Canadas; a Carlos Aguiar pelas notáveis pistas de pesquisa; a João Paulo Carneiro e David Crespo por tão bem me receberem no arquivo da Estação de Melhoramento de Plantas de Elvas; a José Lima Santos pela discussão franca no seminário de pesquisa no qual foi arguente; a Amílcar Duarte pelos comentários sobre as antigas práticas fertilizantes de recolha e queima de matos na região de Aljezur; a Dulce Freire por me ter apresentado o Inquérito Agrícola e Florestal, que consultei na biblioteca da DGADR e do ICNF com o apoio dos respectivos responsáveis, Maria Amador e João Nogueira; a Davide Scarso pela leitura crítica do primeiro trabalho publicado; a João Rosas e Sara Moreira por terem listado filmes agrícolas portugueses que pude visionar no Arquivo Nacional da Imagem em Movimento; a Rita Hermínio pelos desenhos de uma oliveira e planta de trigo incluídos neste trabalho, a Francisca Bicho, diretora do Arquivo Municipal de Cuba, pelo acolhimento caloroso e pelas memórias de seu pai, seareiro e poeta; a Ana Gaspar da biblioteca do Instituto Nacional de Estatística em Lisboa pelo pronto acesso à documentação digitalizada; a Maria do Carmo Alves pelo constante auxílio na Divisão Académica do Instituto Superior de Agronomia; à Fundação para a Ciência e Tecnologia pelo apoio concedido.

Gostaria ainda de agradecer à Catarina Rodrigues, ao Manuel Bívar, ao Tiago Carvalho, à Joana Sousa e ao Frederico Ágoas pela vontade de conversar sobre o passado rural português e por crerem que continuam a existir hoje vidas e agriculturas para lá das cidades litorais.

À minha família, aos meus pais Emília e José Manuel e à minha irmã Joana, quero por fim agradecer o apoio incondicional, também financeiro. À memória do meu irmão José Mário dedico esta pesquisa.